

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**Resistencia de un concreto con sustitución del agregado
pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado -
Huaraz – 2016**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Rodríguez Castro Reiner Adolfo

Asesor:

Rubén López Carranza

Huaraz – Peru

2016

PALABRAS CLAVES:

Tema	Resistencia de concreto; cerámico
Especialidad	Tecnología del concreto

KEYWORDS

Theme	Resistance of concrete; ceramic
Speciality	Concrete technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Programa	Ingeniería Civil
Área	2. Ingeniería y Tecnología
Sub - área	2.1 Ingeniería Civil
	• Ingeniería Civil

“RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON
SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO PÉTREO EN 25% Y
50% POR MATERIAL CERÁMICO RECICLADO -
HUARAZ – 2016”

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene por objetivo la evaluación de la resistencia a compresión del concreto elaborado con material cerámico reciclado sustituyendo al agregado pétreo en Huaraz – Ancash. Es una investigación aplicada y explicativa, de enfoque cuantitativo y de diseño experimental. La técnica utilizada es la observación y como instrumento de registro de datos se contó con fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales. Los resultados de la resistencia de concreto han sido procesados con los programas Excel. El análisis se realizó con tablas, gráficos, porcentajes, promedios y varianzas. El material cerámico usado en las diferentes mezclas de los ensayos fue producido a partir de la trituración manual del cerámico reciclado comúnmente usado en la construcción de viviendas en la ciudad de Huaraz. Se evaluó una mezcla de concreto con tres porcentajes diferentes de remplazo de agregado grueso por material cerámico reciclado, se constituyó de (27 probetas: 9 para concreto patrón, 9 para 25%, 9 para 50%). Dentro de las propiedades analizadas están la resistencia a la compresión. En este sentido se determinó que, al someter al concreto con material cerámico reciclado a ensayos de compresión, se observó que este no alcanza los estándares en su totalidad por efectos de la adherencia el material cerámico y la pasta de cemento, pero se encontraron resultados positivos. Se puede concluir que la incorporación del material cerámico reciclado como agregado grueso nuevo al ciclo productivo de la construcción, es una alternativa viable para concretos no estructurales, un ejemplo demostrativo para la transferencia de tecnología a la sociedad, además muestra beneficios económicos y ecológicos implícitos.

ABSTRACT

The present research project has as objective the evaluation of the compressive strength of the concrete made with recycled ceramic material replacing the stone aggregate in Huaraz - Ancash. It is an applied and explanatory research, of quantitative approach and of experimental design. The technique used is observation and as an instrument for recording data were counted technical datasheets of the laboratory of soil mechanics and materials testing. The results of the concrete resistance have been processed with Excel programs. The analysis was done with tables, graphs, percentages, averages and variances. The ceramic material used in the different mixtures of the tests was produced from the manual crushing of the recycled ceramic commonly used in the construction of houses in the city of Huaraz. A concrete mix with three different percentages of coarse aggregate replacement was evaluated for recycled ceramic material. It consisted of (27 specimens: concrete pattern 9 for 25%, 9 for 50%). Among the properties analyzed are the compressive strength. In this sense, it was determined that, by subjecting the concrete with recycled ceramic material to compression tests, it was observed that it did not reach the standards in its entirety due to the adhesion effects of the ceramic material and the cement paste, but positive results were found. It can be concluded that the incorporation of the recycled ceramic material as a new aggregate into the productive cycle of the construction is a viable alternative for non-structural concretes, a demonstrative example for the transfer of technology to society, and also shows implicit economic and ecological benefits.

INDICE GENERAL

Contenido

Palabras clave – Keywords – Línea de investigación.....	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstrac.....	iv
Índice	v
Introducción.....	1
Metodología.....	43
Resultados.....	47
Análisis y discusión	68
Conclusiones y recomendaciones	72
Referencias bibliográficas	74
Agradecimiento	76
Apéndices y anexos	77

Índice de tablas

Tabla N° 01. Requisitos de granulometría para el agregado grueso	10
TABLA N° 02 Límites granulométricos para el agregado fino.....	11
TABLA N° 03 Valores de asentamientos para el ensayo del Cono de Abrams	19
TABLA N° 04 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción [ACI 211]	23
TABLA N° 05. Requerimientos de Agua aproximada de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado [ACI 211].	26
TABLA N° 06. Relaciones Agua/Cemento y la resistencia a la compresión del concreto [ACI 211]	27
TABLA N° 07. Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas.	27
TABLA N° 08. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto [ACI 211]	28
TABLA N° 09. Calculo tentativo del peso del concreto fresco.....	29
TABLA N° 10. Compuestos Químicos del Clinker del cemento Portland, ASTM C 150	31
TABLA N° 11. Matriz de Operacionalización de las variables	42
TABLA N° 12. Matriz de Operacionalización de las variables.	43
TABLA N° 13. Técnicas de Recolección de Información	46
TABLA N° 14 Composición granulométrica del agregado fino (arena).....	47
TABLA N° 15. composición granulométrica del agregado grueso (piedra chancada)	48
TABLA N° 16. Contenido de humedad de los agregados	49
TABLA N° 17 peso unitario del agregado fino (arena gruesa).	50
TABLA N° 18. Peso unitario del agregado grueso (piedra chancada)	50
TABLA N° 19. Gravedad específica y % de absorción del agregado	51
TABLA N° 20. Gravedad específica y % de absorción del agregado grueso	51
TABLA N° 21. Composición granulométrica del cerámico reciclado.....	52
TABLA N° 22. Contenido de humedad de cerámico reciclado	53

TABLA N° 23. Peso unitario de cerámico reciclado	53
TABLA N° 24. Gravedad específica y % de absorción de cerámico reciclado	54
TABLA N° 25. Dosificación de materiales para cada probeta.....	54
TABLA N° 26. Cantidad de materiales para el concreto patrón (09 probetas)	55
TABLA N° 27. Cantidad de materiales para el concreto experimental (25% de piedra por material cerámico reciclado)	55
TABLA N° 28. Cantidad de materiales para el concreto experimental (50% de piedra por material cerámico reciclado)	56
TABLA N° 29 Resistencia de concreto patrón a 7 días	57
TABLA N° 30 Resistencia de concreto con sustitución de 25% de agregado por material cerámico a los 7 días.....	57
TABLA N° 31 Resistencia de concreto con sustitución de 50% de agregado por material cerámico a los 7 días.....	58
TABLA N° 32 Resistencia de concreto patrón a 14 días	59
TABLA N° 33 Resistencia de concreto con sustitución de 25% de agregado por material cerámico a los 14 días.....	59
TABLA N° 34 Resistencia de concreto con sustitución de 50% de agregado por material cerámico a los 14 días.....	60
TABLA N° 35 Resistencia de concreto patrón a 28 días	61
TABLA N° 36 Resistencia de concreto con sustitución de 25% de agregado por material cerámico a los 28 días.....	61
TABLA N° 37 Resistencia de concreto con sustitución de 50% de agregado por material cerámico a los 28 días.....	62
TABLA N° 38. resistencias promedio obtenidas de los especímenes de concreto patrón y experimental $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del 25% y 50% del agregado pétreo por material cerámico.....	63
Tabla N° 39. análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del concreto patrón y experimentales $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	66
TABLA N° 40. Comparación de pares de medias.....	67
TABLA N° 41. Asentamiento del Concreto	68

Índice de figuras

Figura 01. Límites granulométricos específicos para el Agregado grueso de acuerdo a las normas NTP 400. 037.....	10
Figura N° 02. Límites granulométricos específicos para el Agregado NTP 400. 037	11
Figura N° 03. Propiedades y partes involucradas en las principales fases de la vida del concreto.....	18
Figura 04. Relación entre Densidad y Resistencia del Concreto.	20
Figura N° 05: Molde Cilíndrico.....	32
Figura N° 06: Barra de acero liso y circular.	33
Figura N° 07: Martillo con cabeza de goma.	33
Figura N° 08: Moldeado de la primera capa.....	34
Figura N° 09: Moldeado de la segunda capa.	35
Figura N° 10: Moldeado de la tercera capa.	35
Figura N° 11: Etiquetado del molde.	36
Figura N°12.- chancadora Tacllan Huaraz – Áncash	44
Figura N°13.- agregado fino cantera de “Anta”	45
Figura N°14.- Material cerámico Relleno sanitario independencia- Huaraz.....	45
Figura N° 15: Curva Granulométrica del Agregado Fino (Arena)	47
Figura N° 16: Curva granulométrica del agregado grueso (piedra chancada).....	48
FIGURA N° 17. curva granulométrica cerámico reciclado.....	52
Figura N° 18: Tipos de falla	56
Figura N° 19: evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales	64
Figura N° 20: evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales expresado en porcentajes, respecto a la resistencia de diseño.	65
Figura N° 21: asentamiento del concreto.....	68
Figura N° 22: variación de la resistencia a la compresión del concreto (kg/cm ²) para los 3 diseños de concreto.	69
Figura N° 23: Variación de la resistencia a la compresión del concreto (kg/cm ²) para los 3 diseños de concreto.	70

INTRODUCCION

Debido a la gran importancia del concreto en la industria de la construcción, es de vital importancia conocer sus propiedades mecánicas tal como es la resistencia a la compresión que se aborda en la presente investigación para entender mejor su comportamiento y producir mezclas de mejor calidad al menor costo.

El concreto es un material heterogéneo que depende de numerosas variables, como lo es la calidad de cada uno de los materiales que lo componen, del método de diseño (Método ACI 211) para determinar las proporciones de los agregados y de las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado. Esto provoca que en un mismo concreto puedan existir variantes en sus propiedades mecánicas.

Anteriormente, los agregados pétreos fueron considerados como materiales químicamente inertes, pero ahora se ha reconocido que algunos de los agregados son químicamente activos y ciertos agregados muestran enlaces químicos agregados en la interfaz del agregado y la pasta de cemento. El sólo hecho de que los agregados ocupan del 70 al 80% del volumen del concreto, su impacto en diversas características y propiedades del concreto es, sin duda, considerable. Es por ello que en el presente trabajo de investigación se pretende determinar la resistencia del concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del agregado petreo en un 25 y 50% por material cerámico reciclado en la ciudad de Huaraz - 2016.

En función a esto, se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón (sin la sustitución de material cerámico reciclado) y concreto con sustitución en un 25 y 50% por material cerámico reciclado, para lo cual se realizaron 27 especímenes cilíndricos de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, curados por inmersión hasta la fecha de prueba; conservando la relación A/C para los diferentes diseños que se realizaron, y el tamaño máximo de los agregados de 1", para un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. El cemento utilizado corresponde a un Cemento Portland tipo I.

A través de las pruebas de resistencia a la compresión - $f'c$, se obtuvieron la carga de ruptura, en base a los resultados obtenidos a través de la prueba de análisis de

varianza se encontró que existe una diferencia significativa en las resistencias del concreto patrón con las experimentales.

Mientras que no existe una diferencia significativa entre los concretos experimentales entre sí. Así mismo en el concreto patrón se obtuvieron mayores resistencias a la compresión que los concretos experimentales, sin embargo, las resistencias obtenidas en los concretos experimentales obtuvieron resistencias óptimas; pero el concreto patrón supero dichos resultados de resistencia, siendo la misma la relación Agua/Cemento.

Por otro lado, en la investigación de **Diana Mora (2014)**, denominada “caracterización del hormigón resultante de utilizar el desecho de la industria cerámica de la ciudad de Cuenca como agregado grueso” en su investigación determino los efectos de la sustitución total del agregado grueso (grava natural) del concreto, por grava obtenida de los residuos de la industria de la cerámica. donde investigó los efectos tanto en la resistencia mecánica como en la densidad y la absorción del concreto resultante con el fin de obtener la resistencia a compresión y tracción, la absorción total de agua y la densidad. Los resultados obtenidos, para el concreto cerámico elaborado con el árido cerámico obtenido de la trituración, la densidad disminuyó en un 12 % la resistencia a compresión (f'_c) en un 70%, la resistencia a flexión o módulo de rotura disminuyó en un 44% en comparación con el concreto convencional, la relación MR/f'_c . Para el concreto cerámico elaborado con el árido cerámico sin finos la densidad disminuyó en un 10% la resistencia a compresión en un 58%. Por lo tanto, debido a las bajas resistencias obtenidas en los concretos cerámicos y su alta permeabilidad, concluyo que no es viable su uso como concreto estructural.

Por otro lado, en la investigación de **Eder Aldana (2014)**, denominado “uso del material cerámico como material para curado interno en mezclas de concreto”. Determino el comportamiento de un concreto al cual se le hizo reemplazo, en ciertos porcentajes, del agregado grueso por material cerámico para obtener curado interno; dicho comportamiento se evaluó con una mezcla de concreto con tres porcentajes

diferentes de reemplazo de agregado grueso por material cerámico (0%, 20% y 40%) y dos valores de relación agua/cemento (0.30 y 0.50). En la siguiente investigación los resultados de los ensayos mostraron que en la medida que se aumentó el porcentaje de reemplazo de material cerámico, para muestras con relación a/c de 0.30, los resultados de la resistencia a la compresión fueron más altos que para los concretos de la muestra patrón, mientras que para la relación a/c de 0.50, se obtuvieron resistencias a la compresión inferiores a las de un concreto con el 100% del agregado natural.

Así mismo se revisó la investigación de **Geneabel Barroso y Carlos Gómez (2011)**, denominado “análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales” determino que la calidad del agregado reciclado hace que se limiten las potenciales aplicaciones debido a que con dicho agregado no alcanza la misma resistencia a compresión que con agregado natural y tiene una mayor heterogeneidad en diferentes partidas de material, por lo que el empleo de agregado grueso.

Se concluyó que la incorporación de los residuos de concreto con agregado grueso nuevo al ciclo productivo de la construcción, es una alternativa viable, un ejemplo demostrativo para la transferencia de tecnología a la sociedad, además muestra beneficios económicos y ecológicos implícitos.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento.

El concreto, se produce a partir de un diseño de mezcla que consiste en la selección de los constituyentes disponibles, es decir cemento, agregados, agua y aditivos, y su dosificación en cantidades relativas para producir, tan económicamente como sea posible, una masa volumétrica con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, estabilidad de volumen y apariencia adecuadas (Tecnología y propiedades, Instituto del Concreto).

Es por eso la presente investigación tiene por finalidad contribuir en la solución del problema ambiental haciendo uso de desechos sólidos del material cerámico que son vertidos a los rellenos sanitarios, donde contribuirá a la “valorización de un residuo”, el cual podrá ser presentado como un producto atractivo de fácil aplicación y comercialización. Con los datos obtenidos de la investigación se tendrá un sustento técnico que demuestre que los concretos producidos a partir de residuos son aplicables, produciéndose impactos beneficiosos en lo técnico, ambiental, social y económico. La recolección de los residuos del material cerámico desde los rellenos sanitarios es de un bajo costo económico, el desperdicio del material cerámico genera alta contaminación al medio ambiente Este trabajo es un aporte a la ingeniería civil porque conoceremos la reutilización del material cerámico que son vertidos en los rellenos sanitarios, es allí donde se fundamenta nuestra investigación que a corto plazo sería interesante para la construcción, debido a las técnicas constructivas.

La problemática de la presente investigación se pone de manifiesto en las siguientes líneas

En los últimos tiempos, las preocupaciones respecto al deterioro del medio ambiente han generado múltiples investigaciones, con propuestas que pretenden, no sólo un conocimiento teórico de los problemas que hoy se enfrenta, sino también crear una solución para dichos problemas medioambientales como son la disminución de la capa de ozono, el calentamiento global, la alteración de ecosistemas, los cambios climáticos bruscos, entre otros.

El proceso de producción de concreto y de muchos de sus agregados se realiza mediante procesos industriales que conllevan el consumo de grandes cantidades de recursos naturales no renovables y de energía. Estos procesos además aportan una gran carga de contaminación ambiental en el aire, el agua, el suelo y además generan residuos durante el proceso de fabricación.

Los volúmenes de vertidos en los rellenos sanitarios urbanos son de mayor consideración. Económicamente, abarata la elaboración de nuevos productos y la

industria tendería a disminuir el abastecimiento de materias primas introduciendo estos “desechos” como parte de su producción.

Por lo mencionado se formula el problema, ¿cuál es la resistencia de un concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado en comparación a un concreto convencional $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en Huaraz – 2016?

De la bibliografía consultada se pudo revisar diversas definiciones que serán útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

Resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Concreto: según Abanto (2000). Sostiene que el concreto, es la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

El concreto es uno de los materiales más comunes en la construcción por gran variedad de aplicaciones, que van desde la estructura de un edificio hasta vías de ferrocarriles. También es usado en fundiciones, pavimentos, carreteras, tanques de almacenamiento y muchas otras estructuras. De hecho, es difícil encontrar una estructura en la que no se haya usado concreto de alguna manera para su construcción. Además, es uno de los materiales de construcción más económicos y versátil (Somyaji, 1995).

Resistencia del concreto: Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades usada en EEUU o en megapascuales (MPa) en unidades del Sistema Internacional (SI). Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más (Grudemo, 1975; Harmsen, 2005; Rivva, 2007).

Propiedades del concreto endurecido:

En la etapa de endurecimiento del concreto, es cuando la mezcla adquiere la resistencia para la cual fue diseñada (Torrado y Porras, 2009). Las propiedades mecánicas que comúnmente se evalúan al concreto en estado endurecido son la resistencia a la compresión, la flexión, el módulo de elasticidad estático y dinámico entre otros aspectos, siendo la más común la prueba a compresión.

Existen diversas técnicas invasivas y no invasivas, para medir la Resistencia de un concreto siendo las no invasivas más ventajosas por cuanto la estructura endurecida no se ve afectada tanto como la invasiva que puede deteriorar las caras del concreto. (Serrano, 2010).

Resistencia a la compresión:

Este parámetro es obtenido a través del ensayo de un cilindro estándar de 6" (15 cm) de diámetro y 12" (30 cm) de altura. El espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada, sin embargo, este periodo puede alterarse si se especifica. Durante la prueba, el cilindro es cargado a un ritmo uniforme de 2.4 Kg/cm²/s. la resistencia a la compresión (f'_c) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo dos probetas tomadas de la misma muestra

probadas a los 28 días. El procedimiento se describe en detalle en las normas ASTM C-192-90^a y C-39-93^a.

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

Pruebas y mediciones de resistencia del concreto:

Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 Práctica Estándar para Elaborar y Curar Probetas de Ensayo de Concreto en Campo. Para estimar la resistencia de la concreta in situ, la norma ASTM C31 formula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo a ASTM C39, Método Estándar de Prueba de Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas de Concreto (National Read y Mixed Concrete Association, s/f).

Curado del Concreto: Hamsem (2005). En su libro “Diseño de estructuras de concreto”, afirma que el curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia afuera del concreto. Busca también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta. La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia

Es el procedimiento que se utiliza para promover la hidratación del cemento, y consiste en mantener un control del movimiento de temperatura y humedad hacia dentro del concreto y cabía afuera del concreto. Tiene como objetivo mantener el concreto saturado, ya que la hidratación del cemento solo se logra en capilares llenos de agua, por lo que debe evitarse la evaporación excesiva de ésta. Además, debe controlarse la temperatura, puesto que la rapidez de hidratación es más lenta a bajas temperaturas y más rápida a temperaturas elevadas (100 °C.).

Existen diversos métodos de curado: curado con agua, con materiales sellantes y curado al vapor. El primero puede ser de cuatro tipos: por inmersión, haciendo uso de rociadores, utilizando coberturas húmedas como yute y utilizando tierra, arena o aserrín sobre el concreto recién vaciado.

Agregados:

Definición: Se denomina agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados: Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros).

Granulometría (N.T.P 400.012 / A.S.T.M C-33):

Esta propiedad caracteriza al agregado en base a la densidad de tamaños de sus partículas que lo conforman. Para esta caracterización de tamaños debe analizar mediante su separación en 7 fracciones, cribándola a través de las mallas normalizadas como “Serie estándar” cuyas aberturas se duplican sucesivamente a partir de la más reducida que es igual a 0.150 mm (ASTM N° 100) y cuyo

procedimiento de ensayo está dado por la norma indicada. La importancia de esta propiedad es que de acuerdo a la forma como están distribuidos sus tamaños tienen influencia directa sobre el comportamiento del cemento fresco y endurecido.

Tamaño máximo: (NTP 400.037):

Correspondiente al menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado.

Tamaño máximo nominal: (NTP 400.037)

Correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido.

Clases de agregados:

Agregado grueso: La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm². Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼”.

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

- ✓ 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó
- ✓ 1/3 de la altura de las losas ó
- ✓ ¾ del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

En la Tabla N° 01 y Figura N° 01, se muestran los límites recomendados por las normas NTP 400.037 para el agregado grueso con un tamaño máximo de 3/4” a 3/8” (NTP 400.037, 2001).

Tabla N° 01. *Requisitos de granulometría para el agregado grueso.*

Malla (Pulg)	Abertura (mm)	Límite superior (%)	Límite inferior (%)
1	25	100	100
3/4	19	100	90
1/2	12.5	78	55
3/8	9.5	55	20
4	4.75	10	0

Fuente: NTP 400.037.

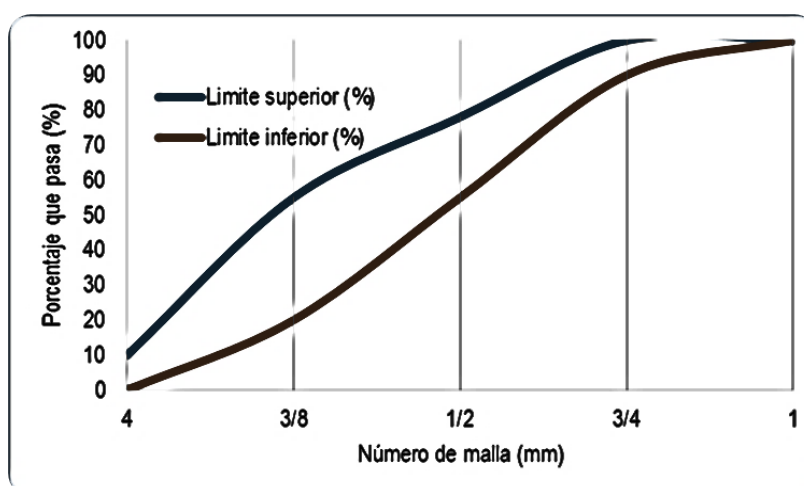


Figura N° 01. *Límites granulométricos específicos para el Agregado Grueso de acuerdo a las normas NTP 400.037.*

Agregado fino:

El agregado fino es aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8" y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. Podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes. Debe estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

TABLA N° 02. Límites granulométricos para el agregado fino.

ASTM (Pulg)	Abertura (mm)	Límite superior (%)	Límite inferior (%)
3/8	9.5	100	100
4	4.75	100	95
8	2.4	100	80
16	1.2	85	50
30	0.6	60	25
50	0.3	30	5
100	0.15	10	2
200	0.075	0	0

Fuente: NTP 400. 037.

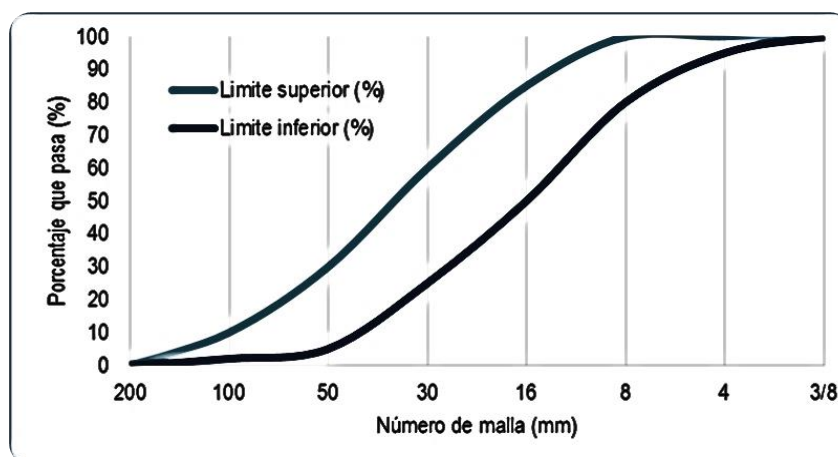


Figura N° 02. Límites granulométricos específicos para el Agregado fino de acuerdo a la NTP 400. 037

Clasificación de los agregados según su densidad.

- ✓ Agregados Ligeros: Son aquellos cuya densidad está entre 500 - 1000 Kg/m³. Se utiliza en concreto de relleno o en mampostería estructural, concreto para aislamiento.
- ✓ Agregado Normal: Son aquellos cuya densidad están entre 1300 - 1600 Kg/m³. Se utiliza en concreto de toda índole es decir concreta estructural y no estructural.

- ✓ Agregados Pesado: Son aquellos cuya densidad están entre los 3000 - 7000 Kg / m³. se utilizan en concretos especiales, que van a estar expuestos a rayos ultravioletas y radiaciones

Cerámico:

El material cerámico es el producto de diversas materias primas, especialmente arcillas, que se fabrican en forma de polvo o pasta (para poder darles forma de una manera sencilla) y que al someterlo a cocción sufre procesos físico-químicos por los que adquiere consistencia pétrea. Dicho de otro modo, más sencillo, son materiales sólidos inorgánicos no metálicos producidos mediante tratamiento térmico. Todos ellos se obtienen al hornear materiales naturales, como la arcilla o el caolín, junto con una serie de aditivos como colorantes, desengrasantes, entre otros, todo ello mezclado y cocido en un horno sucesivas veces.

Propiedades:

- ✓ Comparados con los metales y plásticos, son duros, no combustibles y no oxidables.
- ✓ Su gran dureza los hace un material ampliamente utilizado como abrasivo y como puntas cortantes de herramientas.
- ✓ Gran resistencia a altas temperaturas, con gran poder de aislamiento térmico y, también, eléctrico.
- ✓ Gran resistencia a la corrosión y a los efectos de la erosión que causan los agentes atmosféricos.
- ✓ Alta resistencia a casi todos los agentes químicos.
- ✓ Una característica fundamental es que pueden fabricarse en formas con dimensiones determinadas.
- ✓ Los materiales cerámicos son generalmente frágiles o vidriosos. Casi siempre se fracturan ante esfuerzos de tensión y presentan poca elasticidad.
- ✓ Dependiendo de la naturaleza y tratamiento de las materias primas y del proceso de cocción, se distinguen dos grandes grupos de materiales cerámicos: las cerámicas gruesas y las cerámicas finas:

- ✓ Materiales cerámicos porosos o gruesos: No han sufrido vitrificación, es decir, no se llega a fundir el cuarzo con la arena debido a que la temperatura del horno es baja. Su fractura (al romperse) es terrosa, siendo totalmente permeables a los gases, líquidos y grasas.
- ✓ Materiales cerámicos impermeables o finos: Los que se someten a temperaturas suficientemente altas como para vitrificar completamente la arena de cuarzo. Así, se obtienen productos impermeables y más duros.

Las partículas de estos materiales son capaces de absorber higroscópicamente hasta el 70% de su peso de agua. Esta característica hace que la arcilla en estado seco presente un aspecto terroso y quebradizo, pero al estar hidratada adquiere la plasticidad necesaria para ser re-moldeada.

En la etapa de endurecimiento (mediante cocción), el material cerámico adquiere características de notable solidez, con una disminución de su masa (de alrededor de 5 a 15%) en proporción a su masa inicial. La pérdida de agua que envuelve a las partículas provoca un acercamiento entre estas y por consiguiente una retracción volumétrica, lo descrito anteriormente hace que se presenten valores de absorción superiores al 10%.

Recomendaciones:

Respecto al uso de agregados según la norma NTP 400.037, teniendo para el tamiz de 1" que el porcentaje pasante es el 100%, para el tamiz $\frac{3}{4}$ ", el porcentaje según norma exige el 90 % mínimo y máximo 100%. El tamaño máximo Corresponde a la abertura del menor tamiz de la serie establecida, que deja pasar el 100% de la masa del agregado y El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado.

Las normas E.060 recomiendan que el tamaño máximo del agregado grueso sea el mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera

que, en ningún caso, el tamaño máximo nominal del agregado grueso deberá exceder de los siguientes valores: $f'_{cr} = f'_c + 1.34 \sigma_{Ds}$ $f'_{cr} = f'_c + 2.33 \sigma_{Ds} - 35.72$.

- a) Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- b) Un tercio del peralte de las losas.
- c) Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquete de barras; tendones o ductos de preesfuerzos. Muchas veces la selección del tamaño máximo de agregado esta función de la disponibilidad del material y su costo.

Diseño de mezcla:

El diseño de las mezclas de concreto, es un tema de vital interés para todos los ingenieros y constructores que manejan el concreto. Las principales interrogantes con las que tiene que lidiar son principalmente las siguientes [Abrams, 1919].

- ✓ ¿Cuál es la mezcla necesaria para producir un concreto con resistencia adecuada para un determinado trabajo?
- ✓ ¿Con diferentes bancos de materiales de diferentes características que se encuentran en la región, cuáles son los más adecuados para el diseño?
- ✓ ¿Con determinados materiales, qué proporciones darán el mejor concreto al menor costo?
- ✓ ¿Cuál es el efecto que produce en la resistencia del concreto los cambios en la mezcla, la consistencia y la clasificación de los agregados?

El proporcionamiento de un concreto frecuentemente involucra la selección de los materiales y su combinación [Abrams, 1919]. El conocimiento de las propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido tiene como finalidad primordial la de determinar el diseño de la mezcla [Instituto del Concreto, 1997].

El Diseño de Mezclas puede ser definido como el proceso de selección de los ingredientes adecuados para concreto (cemento, agregados, agua y ocasionalmente aditivos) y la determinación de sus proporciones relativas con el

objeto de producir un concreto de cierta resistencia, consistencia y durabilidad de la forma más económica posible [Shetty, 2005].

El arte de dosificar:

El análisis realizado en el apartado anterior pone de manifiesto la importancia que cada uno de los distintos componentes (agregados, agua y cemento) tiene en el conjunto de este material que es concreto. En efecto, estos elementos desempeñan funciones específicas, que se complementan con el fin de obtener más y mejores prestaciones en el material compuesto resultante.

Imaginemos, por un momento, que ocurriría si no utilizásemos arena en la composición del concreto. Ciertamente, un material formado solo por agregados gruesos y pasta de cemento presentará un gran número de huecos, con todos los inconvenientes que esto conlleva, y además se producirá una importante pérdida de resistencia porque algunas piedras estarán unidas por una capa de aglomerante tan sólo por una cara; esto se traduce en un material quebradizo, que se fractura en su totalidad sin mayor esfuerzo.

Se hace imprescindible, entonces, la presencia de una fracción de agregado más pequeña que acabe de tapar, de recubrir, de llenar todas estas zonas: la arena, esta proporciona trabajabilidad a la mezcla y, juntamente con el cemento, ejerce de conglomerante, de manera que se consigue obtener un material muy monolítico, parecido a una roca.

Siguiendo con este razonamiento, podríamos plantearnos el caso extremo de un material formado sólo por pasta de cemento, o tal vez solo compuesto de roca. Es evidente que la mejora que presentaría el material resultante en algunos aspectos no compensa las desventajas que crea la falta del otro, de cara a lo que se espera de un material de construcción versátil como es el concreto.

A partir de aquí, esto es, partiendo de la base que todos los ingredientes de la mezcla, es decir arena, grava y agua, son imprescindibles desde un sentido físico, nuestro objetivo será hallar las proporciones en que debemos combinar estos para obtener un concreto que mejor cumpla con los requisitos que se esperan de él.

En una primera aproximación al tema, podemos considerar que la dosificación, o diseño racional de mezclas de concreto, es un proceso por el cual se obtiene la correcta combinación de cemento, agregados, agua y aditivos, cuando sean necesarios, con el fin de producir un concreto conforme a determinadas especificaciones.

En contra de lo que pueda parecer, lo cierto es que detrás de esta sencilla definición existe un mundo complicado, que no puede reducirse a un conjunto de números, sino que necesita del entendimiento de ciertos principios fundamentales y de algo de práctica para poder ser dominado; realmente, vale la pena dedicar tiempo a su estudio, pues son evidentes los efectos que la dosificación tiene en el coste del concreto, así como en algunas de sus propiedades más importantes del estado fresco y endurecido.

Uno de los objetivos de la dosificación es la obtención de un producto que se comportará según algunos requisitos predeterminados, siendo los más importantes, en general, la trabajabilidad del concreto fresco, la resistencia alcanzada por el concreto endurecido a una edad determinada y la durabilidad de este concreto.

Asimismo, otro de los propósitos de la dosificación es la producción de una mezcla que cumpla con todos estos requerimientos al menor costo posible; esto implica tomar decisiones con respecto a la selección de ingredientes, ya que además de adecuados deben poderse adquirir a precios razonables.

Una vez tenemos los materiales que formarán parte del concreto y conocemos las condiciones con las cuales se trabajará en obra, las variables que generalmente están bajo el control de la persona responsable son: la relación pasta de cemento/agregado en la mezcla, la relación agua/cemento en la pasta de cemento, la relación arena/agregado grueso en los agregados y el uso de adiciones o aditivos.

Ciertamente dentro de un volumen fijo no podemos modificar uno de los componentes de manera independiente al resto. Además, el cambio en una

variable determinada puede afectar de forma opuesta a ciertas propiedades deseables del concreto. Por ejemplo, la adición de agua en un concreto rígido (contenido de cemento fijo) provocará una mejora en la fluidez del material, pero al mismo tiempo será la responsable de una reducción en la resistencia de este. Es evidente, por tanto, que el diseño de mezclas implica la nada fácil tarea de equilibrar este tipo de resultados contradictorios.

El concepto de diseño de mezclas de concreto ha sufrido algunos cambios a lo largo del tiempo. En un principio, la principal preocupación de los investigadores fue la definición y producción de un concreto ideal; esto se traducía, normalmente en la determinación de la granulometría conjunta ideal y, por lo tanto, en cómo debería especificarse el agregado grueso y el fino y en que proporciones deberían ser combinados.

Hoy en día, sin embargo, el enfoque sobre este tema es algo distinto, siendo básico el considerar: en primer lugar, qué agregados son económicamente disponibles; en segundo lugar, que propiedades debería tener el concreto; y por último, cual es el camino más económico de proporcionar esas propiedades requeridas. Según Day (1995), en toda dosificación es imprescindible tener en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ Utilizar agregados disponibles en vez de buscar agregados ideales.
 - ✓ Definir cuáles son los requisitos que originan un propósito definido en vez de considerar que existe un concreto ideal que cumple con todos los propósitos.
 - ✓ Es importante entender que existirá competencia en base al precio.
- a) Consideraciones generales:

Es importante tener claros cuales son nuestros objetivos al dosificar un concreto, para ello es básico conocer, en primer lugar, cuál va ser su uso, de que medios disponemos (o son los adecuados) para su puesta en obra, dónde va a ser ubicado y, en general, todos aquellos datos que puedan ser útiles a la hora de definir las propiedades que ha de tener nuestro concreto para cumplir con su función.

Como ya se ha dicho anteriormente, existen tres propiedades esenciales que debe cumplir todo concreto, independientemente que sea un concreto convencional o no, cuyo logro nos hace pensar que el proceso de dosificación se ha realizado de manera correcta. Efectivamente, el concreto debe ser lo suficientemente trabajable en su estado fresco para una adecuada puesta en obra, como también ha de proporcionar la resistencia que se le exige (generalmente a compresión, determinada a los 28 días) en su estado endurecido y ciertas garantías de durabilidad en el tipo de ambiente al que vaya a ser expuesto, durante el periodo de tiempo establecido.

El proceso constructivo se caracteriza por la intervención básica de distintas partes: el propietario, el constructor y el usuario de la estructura. Cada una de estas interviene en algún momento de la vida del concreto, siendo de más interés una propiedad u otra en función de la fase considerada.

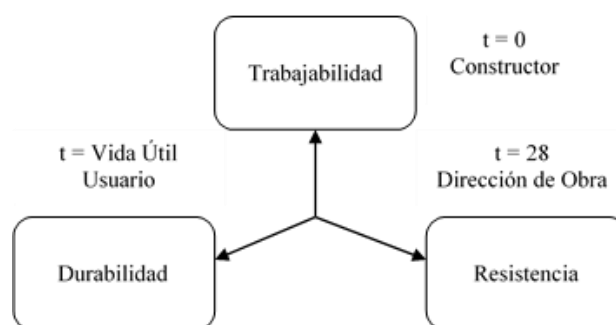


Figura N° 03: *Propiedades y partes involucradas en las principales fases de la vida del concreto.*

Es importante tener en cuenta que la optimización de los costos totales (económicos, ambientales) va a ser uno de los objetivos esenciales en todo el proceso. En las líneas siguientes, analizaremos todas estas consideraciones básicas con algo más de detalle.

Trabajabilidad: El tiempo en que el concreto se encuentra en su estado fresco es corto, pero decisivo. En efecto, las características que presenta el concreto en su estado endurecido dependen de manera radical del conocimiento y control de distintas propiedades que caracterizan al concreto fresco.

Es imprescindible, por lo tanto, estudiar aquellas propiedades del concreto fresco que contribuirán a la consecución de una mezcla cuyo transporte, puesta en obra, compactación y acabado superficial pueda realizarse de forma fácil y sin segregación.

Propiedades Principales del Concreto Fresco:

Consistencia: Una de las propiedades más características del concreto fresco es la consistencia del mismo. Esta muestra la capacidad que una mezcla fresca de concreto tiene de fluir, esto es su movilidad, su fluidez o, en otras palabras, la oposición que presenta un concreto fresco a experimentar deformaciones.

Asimismo, y desde un punto de vista más práctico, la consistencia es una medida del grado de humedad de la mezcla, de manera que generalmente se evalúa en términos de asiento (es decir, cuanto más húmeda es la mezcla, mayor es el asiento) por medio del ensayo del cono de Abrams.

Este es un sistema muy sencillo de realizar en obra, que no requiere equipos costosos ni personal especializado y proporciona resultados satisfactorios, razones por las cuales han hecho que este ensayo sea universalmente empleado.

Otro punto a favor del cono de Abrams es su aplicación como medio de control de obra, ya que permite detectar fácilmente cambios entre diferentes masas, ya sean debidos a variaciones de agua de amasado, en la humedad de los agregados e incluso en la granulometría de estos, especialmente en las arenas siendo, por consiguiente, un ensayo que permite verificar la regularidad del material.

TABLA N° 03. *Valores de asentamientos para el ensayo del Cono de Abrams*

Consistencia	Asiento (cm)
Seca	0 - 2
Plástica	3 - 5
Blanda	6 - 9
Fluida	10 -15

Fuente: NTP 339.035

Compactibilidad: El concreto fresco obtenido debe ser diseñado de tal forma que podamos alcanzar la máxima densidad de compactación con una cantidad razonable de trabajo, o con la cantidad disponible bajo unas determinadas circunstancias. El hecho de requerir una mezcla que sea compactible como una de las características básicas de cualquier concreto en estado fresco, puede entenderse a partir del estudio de la relación existente entre el grado de compactación y la resistencia resultante.

Para ello, en primer lugar, sería conveniente expresar aquel como una relación entre densidades, esto es, de la densidad real de nuestro concreto sobre la densidad de la misma mezcla cuando esté totalmente compactada; de igual forma, también la relación entre la resistencia actual del concreto sobre la resistencia que obtenemos cuando este tiene su máxima compacidad para referirnos a la resistencia resultante.

De esta manera, la relación existente entre la densidad y la resistencia, expresadas estas como hemos comentado, queda reflejada en la forma como se muestra en la siguiente figura.

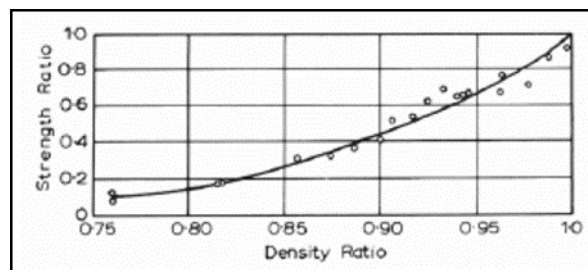


Figura 04: *Relación entre Densidad y Resistencia del Concreto.*

Como se puede observar, la presencia de huecos en el concreto reduce enormemente su resistencia; en efecto, la existencia de un 5% de huecos puede disminuir hasta en un 30% la resistencia del concreto, e incluso un 2% de huecos puede resultar en una bajada de resistencia de más del 10%.

En relación con esto, es importante tener claro que los huecos en el concreto son tanto burbujas de aire atrapado como espacios que quedan una vez ha desaparecido el exceso de agua; las burbujas de aire representan el aire

“accidental”, es decir, el aire retenido dentro de un material granular suelto durante los procesos de mezcla y transporte, son función de la granulometría de las partículas más finas que encontramos en la mezcla, y pueden ser eliminadas más fácilmente de una mezcla más húmeda que de una seca.

Estabilidad: El concreto es una mezcla de componentes sólidos muy distintos y de un líquido, por consiguiente y por su propia naturaleza, tiene que ser un material heterogéneo, al mismo tiempo, sin embargo, es evidente la necesidad de homogeneidad en el material, hecho que se traduce aquí en el propósito de obtener una mezcla uniformemente heterogénea, es decir, en cualquier parte de su masa los componentes del concreto deben estar perfectamente mezclados y en la proporción prevista al diseñar la mezcla.

Se hace imprescindible considerar el concepto de estabilidad, que surge de la necesidad de mantener al concreto como una masa homogénea, en efecto la estabilidad o cohesión de una mezcla mide la resistencia a segregar y a exudar de la misma. La segregación es un fenómeno por el cual los elementos constitutivos del concreto tienden a separarse unos de otros y a decantarse de acuerdo con su tamaño y densidad; la exudación es una forma de segregación en la que el agua tiende a elevarse hacia la superficie del concreto como consecuencia a la incapacidad de los agregados de arrastrarla con ellos al irse compactando, formando así una capa de agua que puede llegar hasta el 2% del ancho de la pieza.

Resistencia:

La resistencia del concreto endurecido es la propiedad más importante para cumplir con la exigencia estructural, por lo que usualmente es considerada como la propiedad más valiosa del concreto; sin embargo, no debemos olvidar que en muchas ocasiones otras características como la durabilidad y la permeabilidad, resultan ser más importantes. Con todo, se trata de una propiedad muy importante, pues proporciona una visión general de la calidad del concreto al estar directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento hidratada.

El concreto es un material que resiste a las solicitaciones de compresión, tracción y flexión; la resistencia que presenta frente a los esfuerzos de compresión es la más elevada de todas, siendo unas diez veces superior a la de tracción, y es la que más interés presenta en su determinación, dado que en la mayor parte de las aplicaciones del concreto se hace uso de esa capacidad resistente y a que, por otra parte, la resistencia a compresión es un índice muy fácil de determinar de la magnitud de otras muchas propiedades del mismo. En general, las especificaciones del concreto exigen una resistencia a la compresión determinada a los 28 días, obteniéndose esta de forma nada complicada a través del ensayo a compresión.

Durabilidad:

El concepto de durabilidad del concreto se asocia a la capacidad del mismo de mantenerse en servicio durante el tiempo para el cual la estructura de la que forma parte ha sido proyectada. En otras épocas se creía que el concreto tenía una gran durabilidad, pero hoy en día se ve que ésta es limitada ya sea por causas relacionadas con el medio (heladas, ataques por sulfatos del terreno) o por causas internas (reacción álcali-agregado).

Una larga vida en servicio se considera sinónimo de durabilidad; pero lo que bajo determinadas condiciones podemos considerar como durable puede que no lo sea en otras distintas, por lo que se hace necesario incluir referencias generales

Criterio General de Diseño de Mezclas, Método ACI 211:

El método estudiado en el presente trabajo tiene como base el procedimiento del American Concrete Institute elaborado por el Comité ACI 211. El método americano ACI es el más conocido y ampliamente usado, fundamentado en el principio básico de la relación agua/cemento desarrollado por Abrams, que consiste en seguir en forma ordenada una secuencia de pasos y determinar la cantidad de cada material en peso y en volumen, para 1m³ de concreto.

Los factores más importantes que deben considerarse al seleccionar el proporcionamiento de los agregados son en el orden propuesto por el Instituto Americano del Concreto (ACI 211), se incluyen en los siguientes pasos:

PASO 1: Elección del revenimiento para cumplir los requisitos de trabajo: Cuando no se especifica el revenimiento, puede seleccionarse un valor apropiado para la obra de los que aparecen en Tabla 04.

TABLA N° 04. *Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción [ACI 211]*

Tipos de Construcción	Revenimiento. cm	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	8	2
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructuras sencillos	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas para edificios	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto masivo	8	2

Fuente: ACI 211

El revenimiento se puede incrementar cuando se emplee aditivos químicos, siempre que la mezcla de concreto tenga la misma o más baja relación Agua/Cemento y no exhiba segregación o sangrado excesivo. También se puede incrementar 2 cm, cuando los métodos de compactación no sean por vibrado.

PASO 2: Elección del tamaño máximo del agregado: Los agregados de tamaño máximo o agregados bien graduados tienen menos vacíos que los tamaños pequeños. Por lo tanto, concretos con tamaños más grandes requieren menos mortero por unidad de volumen del concreto.

Generalmente el tamaño máximo del agregado debe ser el más grande que esté económicamente disponible y el que resulte compatible con las dimensiones de la estructura. En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso debe exceder de 1/5 de la menor dimensión entre los costados de las cimbras, 1/3 del espesor de

la losa, ni $3/4$ de la separación mínima entre varillas de refuerzo o paquetes de varillas.

En algunas ocasiones estas limitaciones se descartan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales, que el concreto pueda ser colado sin que se formen cavidades o vacíos. Cuando se desea un concreto de alta resistencia los mejores resultados se obtienen reduciendo el tamaño máximo del agregado, ya que estos producen resistencias altas con una relación Agua/Cemento determinada.

PASO 3: Determinación del agua de mezclado y contenido de aire: La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir determinado revenimiento, depende del tamaño máximo, de la forma de la partícula y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incluido.

En la Tabla 05, aparecen valores estimados del agua de mezclado requerida para concretos hechos con diversos tamaños máximos de agregados, con o sin aire incluido. Dependiendo de la textura y forma del agregado, los requerimientos de agua de mezclado pueden estar por encima o por debajo de los valores tabulados, pero son suficientemente precisos para una primera estimación.

Tales diferencias en los requerimientos de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia, ya que existen otros factores que compensan y que pueden estar incluidos. Por ejemplo, con un agregado grueso redondo y uno angular, ambos similarmente bien graduados y de buena calidad, pueden producirse concretos de aproximadamente igual resistencia a la compresión utilizando la misma cantidad de cemento, a pesar de las diferencias en la relación agua/cemento resultante de los distintos requerimientos de agua de mezclado.

La forma de la partícula en sí, no constituye un indicio de que un agregado este por encima o por debajo del promedio en su capacidad de producción de resistencia. En la parte superior de la Tabla 05, se indica la cantidad aproximada de aire atrapado que puede esperarse en concretos sin aire incluido, premeditada,

y en la parte inferior, el promedio de contenido de aire recomendado para concretos con aire incluido.

Para el caso de que sea necesario o deseable incluir aire, se señalan tres niveles de contenido de aire para cada tamaño de agregado, los que dependen del propósito de la inclusión de aire y de la severidad de la exposición, si la inclusión de aire está en función de la durabilidad [ACI 211].

Exposición Ligera: cuando se desee la inclusión de aire por otros efectos benéficos que no sean la durabilidad, por ejemplo, para mejorar la cohesión o trabajabilidad, o para incrementar la resistencia del concreto con bajo factor de cemento, pueden emplearse contenidos de aire inferiores a los necesarios para la durabilidad. Esta exposición incluye servicio interior o exterior en climas en los que el concreto no estará expuesto a agentes de congelación y deshielo.

Exposición Moderada: implica el servicio en climas en donde es probable la congelación, pero en los que el concreto no estará expuesto continuamente a la humedad o al agua corriente durante largos periodos antes de la congelación, ni agentes descongelantes u otros productos químicos agresivos.

Exposición Severa: el concreto expuesto a productos químicos descongelantes u otros agentes agresivos, o bien, cuando el concreto pueda resultar altamente saturado por el contacto continuo con humedad o agua corriente antes de la congelación. Ejemplos de estos son: pavimentos, pisos de puentes, guarniciones, desagües, aceras, revestimiento de canales, tanques exteriores para agua o resumideros [ACI 211].

TABLA N° 05. *Requerimientos de Agua aproximada de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado [ACI 211].*

Agua, Kg/m3 de concreto para tamaño máximo nominal de agregado indicado								
Revenimiento, cm	3/8"	½"	¾"	1"	1 ½"	2"	3"	6"
	10	12.5	20	25	40	50	70	150
Concreto sin aire incluido								
De 3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
De 7 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
De 15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	-
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
De 3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
De 7 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
De 15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	-
% total del aire atrapado	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: ACI 211

PASO 4: Elección de la relación agua/cemento: la relación agua/cemento requerida se determina no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por otros factores como la durabilidad y las propiedades del acabado.

Puesto que los diferentes agregados y cementos generalmente producen distintas resistencias empleando la misma relación agua/cemento, es muy deseable establecer una relación entre la resistencia y la relación agua/cemento para los materiales que de hecho van a emplearse. En ausencia de estos datos, pueden tomarse de la Tabla 06 valores aproximados y relativamente conservadores para concretos que contengan cemento Portland Tipo I.

TABLA N° 06. *Relaciones Agua/Cemento y la resistencia a la compresión del concreto*
[ACI 211]

Resistencia a la compresión a los 28 días*	Relación agua / cemento (por peso)	
	Concreto sin incluir aire	Concreto con aire incluido
Kg/cm2		
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: ACI 211.

Los valores indican las resistencias promedio estimadas para concreto conteniendo un porcentaje de aire no mayor que el indicado en la tabla 05 para la relación agua cemento constante. La resistencia del concreto se reduce conforme el contenido de aire aumenta. La resistencia está basada en cilindros de 15x30cm. El promedio de la resistencia seleccionada en la Tablas N° 06, debe exceder la resistencia especificada con un margen suficiente de error para condición de exposiciones severas, la relación agua cemento debe mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con un valor mayor.

TABLA N° 07. *Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas.*

Tipos de estructuras	Estructuras continuas o frecuentemente mojadas y expuestas congelación y deshielo	Estructuras expuestas al agua de mar o a sulfatos
Secciones esbeltas y secciones con menos de 3 cm.	0.45	0.4
Todas las demás estructuras	0.5	0.45

Fuente: ACI 211.

PASO 5: Cálculo del Contenido de Cemento: la cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en el paso 3 y 4. El

cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado (paso 3), dividido entre la relación Agua/Cemento (paso 4).

Sin embargo, la especificación incluye un límite mínimo separado sobre el cemento aparte de los requerimientos para la resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en el criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento.

PASO 6: Estimación del contenido de agregado grueso: los agregados con tamaño máximo y granulometría esencialmente iguales producirán concreto con una trabajabilidad satisfactoria cuando un volumen dado de agregado grueso, seco y varillado, es utilizado por unidad de volumen de concreto. Valores apropiados de volumen para el agregado grueso están dados en la Tabla 08. Se puede ver que para una trabajabilidad igual, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto depende sólo de su tamaño máximo y del módulo de finura del agregado fino. Este volumen se convierte a masa seca del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por la masa unitaria de varillado en seco por metro cúbico de agregado grueso [ACI 211].

TABLA N° 08. *Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto [ACI 211]*

Tamaño máximo del agregado		Volumen de agregado varillado en seco, por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
Mm	Plg.	2.4	2.6	2.8	3
9.5	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.82	0.8	0.78	0.76
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.

PASO 7: Estimación del contenido de agregado fino: al término del paso 6, todos los ingredientes del concreto han sido estimados excepto el agregado fino, cuya cantidad se determina por diferencia. Se pueden emplear cualquiera de estos procedimientos: 1.- método por “peso”, 2.- método de “volumen absoluto”. Si se desea obtener un cálculo teóricamente exacto del peso del concreto fresco por metro cubico, se puede utilizar la siguiente formula:

$$U_m = 10G_a(100 - A) + C_m(1 - G_a/G_c) - W_m(G_a - 1)$$

De donde:

U_m = Peso volumétrico del concreto fresco.

G_a = Promedio obtenido de los pesos específicos de los agregados, fino y grueso combinados al granel.

G_c = Peso específico del cemento, por lo general es de 3.15.

A = Contenido de aire, en %.

W_m = Requerimiento de agua de mezclado Kg/m³.

C_m = Requerimiento de cemento, Kg/m³.

TABLA N° 09. *Calculo tentativo del peso del concreto fresco*

Tamaño máximo del agregado		Calculo tentativo del peso del concreto, Kg/m ³	
Mm	Plg.	Concreto sin incluir aire	Concreto con aire incluido
9.5	3/8"	2280	2200
12.5	1/2"	2310	2230
19	3/4"	2345	2275
25	1"	2380	2290
37.5	1 1/2"	2410	2350
50	2"	2445	2345
75	3"	2490	2405
150	6"	2530	2435

Fuente: ACI 211.

En este caso, un procedimiento más exacto para calcular la cantidad de volumen total desplazado por los componentes conocidos (agua, aire, cemento y agregado grueso) se restan del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto es igual a su peso dividido entre la densidad de ese material.

PASO 8: Ajustes por el contenido de humedad del agregado: debe considerarse la humedad del agregado para que pueda pesarse correctamente. Por lo general, los

agregados están húmedos, y su peso en seco habrá que incrementar el porcentaje de agua que contenga, tanto absorbida como superficial. El agua de mezclado que se agrega la mezcla, debe reducirse en una cantidad igual a la humedad libre contenida en el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

PASO 9: Ajustes en la mezcla de prueba: las proporciones calculadas de la mezcla deben verificarse mediante de mezclas de prueba, fabricaciones y curados de muestras de concreto para pruebas a tensión y compresión en el laboratorio o por medio de mezclas reales en el campo. Sólo debe usarse el agua suficiente para producir el revenimiento requerido, independientemente de la cantidad supuesta al dosificar los componentes de la prueba. Deben verificarse el peso unitario y el rendimiento del concreto, así como el contenido de aire. También debe tenerse cuidado de lograr la trabajabilidad apropiada y ausencia de segregación, así como las propiedades del acabado [ACI 211].

Cemento Portland tipo I:

El cemento es un aglomerante hidráulico obtenido de la calcinación a elevadas temperaturas de rocas calizas combinadas en proporciones específicas, obteniéndose un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistencia y adherentes.

Es el producto final de la pulverización de Clinker al cual se le añade yeso en cantidades pequeñas (3% a 6%) para controlar el endurecimiento violento; lográndose en polvo fino que pasa completamente la malla N° 200, y que está listo para su proceso de envasado y comercialización.

Clinker: Es un producto artificial obtenido de la calcinación a elevadas temperaturas (1400 – 1450 °C) de la mezcla en proporciones específicas de polvo de rocas arcillosas y calizas, obteniéndose módulos de varios tamaños usualmente ¼” a 1” de diámetros de color negro característico, reluciente y duros al enfriarse.

Cumple con NTP 334.009 y ASTM C-150. Las características físicas del cemento usado se presentan en la tabla 2.0 a continuación.

Composición Química:

TABLA N° 10. *Compuestos Químicos del Clinker del cemento Portland, ASTM C 150*

Designación	Fórmula	Porcentaje
Silicato Tricálcico	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	30% a 50%
Silicato Dicálcico	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	15% a 30%
Aluminato Tricálcico	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.$	4% a 12%
Ferro aluminato Tetracálcico	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	8% a 13%
Cal libre	CaO	
Magnesia libre (Periclase)	MgO	

Fuente: ASTM C - 150.

Planificación, Análisis, Diseño, Construcción y Pruebas – Plan de Implantación.

Debido a que es un material durable, fácil de moldear, resistente a la compresión y económico, el concreto es uno de los materiales de construcción más usado en el mundo. Lamentablemente, hay ocasiones donde estas propiedades positivas no se reflejan en las obras debido a diversos factores, entre ellos está un inadecuado control de calidad durante el proceso constructivo.

La resistencia a la compresión puede medirse de manera precisa, a fin de garantizar que el concreto colocado en la estructura de una edificación cumpla con las exigencias de los planos estructurales. De esta manera, se lleva a cabo el control de calidad del material.

Para realizar el denominado ensayo de compresión o rotura de probetas, se requiere elaborar probetas cilíndricas de 15x30cm. (a partir de una muestra de concreto obtenida en la misma obra); estas se almacenan durante 28 días y luego deben ser llevadas a un laboratorio de estructuras, por ejemplo, de una universidad, para los respectivos ensayos.

Para ello es necesario realizar las siguientes 04 partes:

Muestra de Concreto: Una muestra es una porción de concreto recién preparado con el que se harán las probetas. Como se trata de comprobar su resistencia, su volumen no debe ser menor de 1p3 (una bolsa de cemento). Cuando se trate de

concreto preparado en mezcladora, las muestras serán obtenidas a la mitad del tiempo de descarga de la mezcladora.

Es importante tener en cuenta que las muestras deben ser representativas del concreto colocado en el encofrado, no debemos seleccionarnos en base a otro criterio que pueda interferir con el propósito del muestreo. Además, debemos protegerlas del sol y del viento desde que se extraen hasta que se ponen en los moldes de las probetas. Esta acción debe durar máximo 15 minutos. Finalmente, se debe anotar el origen de la muestra según la ubicación donde se ha vaciado en la estructura (viga, columna, cimentación, etc.).

Equipo y Herramientas:

Los moldes utilizados para la elaboración de las probetas deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no se mezcle con el cemento. Deben ser muy resistentes como para soportar las condiciones del trabajo de moldeado y tener la forma de un cilindro recto de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de alto, tal como se observa en la Figura N° 05.



Figura N° 05: *Molde Cilíndrico.*

1. Para la compactación y moldeado se requiere de una barra de acero liso y circular, de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud; uno de sus extremos debe ser redondeado, tal como se observa en la Figura N° 06



Figura N° 06: Barra de acero liso y circular.

2. Para echar el concreto dentro del molde es necesario un cucharón metálico.
3. Debe usarse un martillo con cabeza de goma con un peso aproximado de 600 gramos, para golpear el molde suavemente y liberar las burbujas de aire, tal como se observa en al siguiente Figura.



Figura N° 07: Martillo con cabeza de goma.

4. Un recipiente metálico grueso de tamaño apropiado o una carretilla limpia de superficie no absorbente y con capacidad suficiente para la toma, traslado y remezclado de la muestra completa.
5. Para darle un buen acabado a la superficie del concreto en el molde, se usa una plancha.

Procedimiento:

1. Seleccionar un espacio apropiado en la obra para elaborar las probetas. Este espacio debe cumplir los siguientes requisitos:
 - ✓ Debe tener una superficie horizontal, plana y rígida.
 - ✓ Debe estar libre de vibraciones.
 - ✓ De preferencia, debe tener un techo a fin de moldear las probetas bajo sombra.
2. Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeado, verificar lo siguiente:

- ✓ Los dispositivos de cierre de los moldes (pernos), deben estar en perfectas condiciones.
 - ✓ Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.
 - ✓ La perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento (Figura 05).
 - ✓ La superficie interior de los moldes debe estar limpia.
 - ✓ Para desmoldar con facilidad, se puede aplicar una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.
3. Se toma la muestra de concreto en el recipiente metálico destinado para ese fin (Ver punto 5, Equipos y Herramientas).
 4. El moldeado de la probeta se realiza en tres capas, cada una de ellas de 10 cm. de altura, según el siguiente detalle: Primera Capa, tal como se muestra en la siguiente Figura.

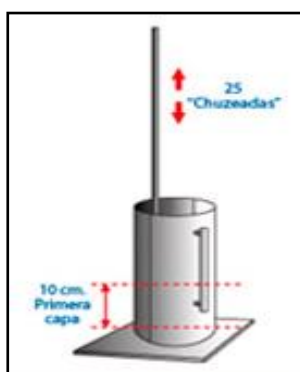


Figura N° 08: *Moldeado de la primera capa.*

- ✓ Colocar la mezcla en el molde y mezclarla con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja.
Compactar la primera capa en todo su espesor, mediante 25 inserciones ("chuzeadas") con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla. El extremo redondeado de la varilla va hacia abajo.
- ✓ Una vez culminada la compactación de esta capa, golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas en el interior de la mezcla. Segunda Capa, como se indica en la siguiente Figura.

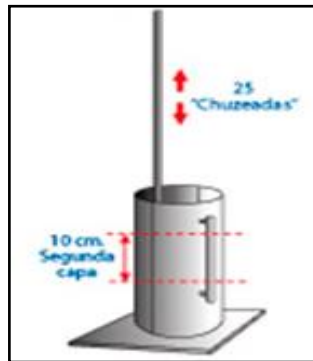


Figura N° 09: Moldeado de la segunda capa.

Colocar la mezcla en el molde y distribuir de manera uniforme con el cucharón. compactar con 25 "chuzeadas" con la varilla lisa. La varilla debe ingresar 1 pulgada en la primera capa.

Luego golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire. Tercera Capa, tal como se observa en la siguiente figura

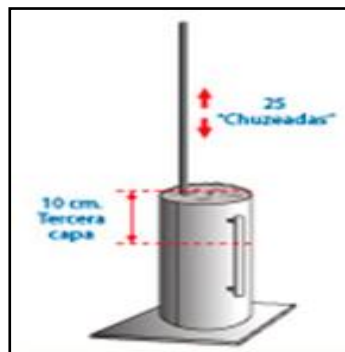


Figura N° 10: Moldeado de la tercera capa.

- ✓ En esta última capa, agregar suficiente cantidad de mezcla para que el molde quede lleno.
- ✓ Compactar esta tercera capa también mediante 25 "chuzeadas" con la varilla lisa, teniendo cuidado que estén uniformes y distribuidas en toda la masa recién colocada. No olvidar que en cada inserción la varilla debe ingresar 1 pulgada en la segunda capa.
- ✓ Culminada la compactación, golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire de la mezcla.

- ✓ Nivelar el exceso de mezcla con la varilla lisa de compactación.
 - ✓ Dar un buen acabado con la plancha para obtener una superficie lisa y plana.
1. Pega una etiqueta de papel en la parte externa del molde para identificar las probetas con la siguiente información, como se indica en la siguiente Figura:

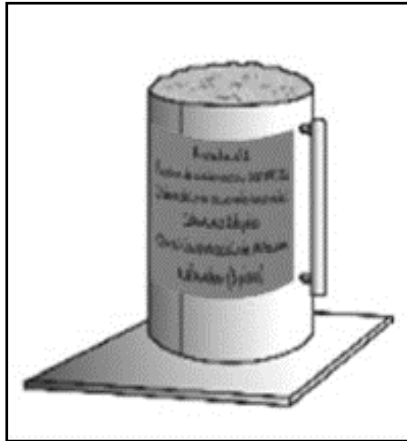


Figura N° 11: *Etiquetado del molde.*

- ✓ Probeta N° 1
 - ✓ Fecha de elaboración: 30/03/16
 - ✓ Ubicación de concreto vaciado: Columnas 2° piso
 - ✓ Obra: Construcción de vivienda unifamiliar (3 pisos)
2. Después de su elaboración, las probetas deben transportarse inmediatamente y con mucho cuidado al lugar de almacenamiento.
 3. Retirar el molde con mucho cuidado. Esto se hace 24 horas después de su elaboración.
 4. Posteriormente, toda la información escrita en la etiqueta de papel tendrá que escribirse sobre la probeta utilizando un plumón indeleble y cuidando de no malograr su superficie.

Curado:

Después de haber sido desmoldadas, curar las probetas inmediatamente, colocándolas en recipientes con agua potable. El agua debe cubrir completamente todas las caras de las probetas.

Prueba de resistencia a la compresión del concreto:

La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto se puede diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura.

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.

La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en megapascuales (MPa) en unidades SI.

Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa para concreto residencial hasta 28 MPa y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 170 MPa y más.

¿Por qué se determina la resistencia a la compresión?

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, f'_c , del proyecto.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensayo de concreto en campo”.

Para estimar la resistencia del concreto in situ, la norma ASTM C31 formula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo a ASTM C39, “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto”.

Un resultado de prueba es el promedio de, por lo menos, dos pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo a la misma edad. En la mayoría de los casos, los requerimientos de resistencia para el concreto se realizan a la edad de 28 días.

Al diseñar una estructura los ingenieros se valen de la resistencia especificada, f'_c , y especifican el concreto que cumpla con el requerimiento de resistencia estipulado en los documentos del contrato del proyecto. La mezcla de concreto se diseña para producir una resistencia promedio superior a la resistencia especificada de manera tal que se pueda minimizar el riesgo de no cumplir la especificación de resistencia. Para cumplir con los requerimientos de resistencia de una especificación de proyecto se aplican los siguientes dos criterios de aceptación:

El promedio de tres ensayos consecutivos es igual o supera a la resistencia especificada, f'_c . Ninguno de los ensayos de resistencia deberá arrojar un resultado inferior a f'_c en más de 3.45 MPa, ni ser superior en más de 0.10 f'_c , cuando f'_c sea mayor de 35 MPa. Resulta importante comprender que una prueba individual que caiga por debajo de f'_c no necesariamente constituye un fracaso en el cumplimiento de los requerimientos del trabajo. Cuando el promedio de las pruebas de resistencia de un trabajo caiga dentro de la resistencia promedio exigida, f'_c , la probabilidad de que las pruebas de resistencia individual sean

inferiores a la resistencia especificada es de aproximadamente 10% y ello se tiene en cuenta en los criterios de aceptación.

Cuando los resultados de las pruebas de resistencia indican que el concreto suministrado no cumple con los requerimientos de la especificación es importante reconocer que la falla puede radicar en las pruebas, y no en el concreto. Ello es particularmente cierto si la fabricación, manejo, curado y pruebas de los cilindros no se realizan en conformidad con los procedimientos estándar. Ver “Baja resistencia de cilindros de concreto”, revista CyT , marzo 2006.

Los registros históricos de las pruebas de resistencia se utilizan para establecer la resistencia promedio deseada de mezcla de concretos para obras futuras.

Cómo realizar la prueba de resistencia del concreto

- ✓ Las cilindros para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm), cuando así se especifique. Las probetas más pequeñas tienden a ser más fáciles de elaborar y manipular en campo y en laboratorio.
- ✓ El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.
- ✓ El registro de la masa de la probeta antes de cabecearla constituye una valiosa información en caso de desacuerdos.
- ✓ Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se cabecean con mortero de azufre (ASTM C 617) o con almohadillas de neopreno (ASTM C 1231). El cabeceo de azufre se debe aplicar como mínimo dos horas antes y preferiblemente un día antes de la prueba.
- ✓ Las almohadillas de neopreno se pueden usar para medir las resistencias del concreto entre 10 a 50 MPa. Para resistencias mayores de hasta 84 Mpa se permite el uso de las almohadillas de neopreno siempre y cuando hayan sido calificadas por pruebas con cilindros compañeros con cabeceo de azufre. Los requerimientos de dureza en durómetro para las almohadillas de neopreno varían desde 50 a 70 dependiendo del nivel de resistencia

sometido a ensayo. Las almohadillas se deben sustituir si presentan desgaste excesivo.

- ✓ No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.
- ✓ El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más de 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.
- ✓ Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002pulgadas (0.05 mm).
- ✓ Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 0.15 a 0.35 MPa/s durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.
- ✓ La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura entre el área promedio de la sección. ASTM C 39 presenta los factores de corrección en caso de que la razón longitud diámetro del cilindro se halle entre 1.75 y 1.00, lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos dos cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba, al intervalo más próximo de 0.1 MPa.
- ✓ El técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura y todo defecto que presenten los cilindros o su cabeceo. Si se mide, la masa de los cilindros también deberá quedar registrada.
- ✓ La mayoría de las desviaciones con respecto a los procedimientos estándar para elaborar, curar y realizar el ensayo de las probetas de concreto resultan en una menor resistencia medida.

- ✓ El rango entre los cilindros compañeros del mismo conjunto y probados a la misma edad deberá ser en promedio de aproximadamente. 2 a 3% de la resistencia promedio. Si la diferencia entre los dos cilindros compañeros sobrepasa con demasiada frecuencia 8%, o 9.5% para tres cilindros compañeros, se deberán evaluar y rectificar los procedimientos de ensayo en el laboratorio.
- ✓ Los resultados de las pruebas realizadas en diferentes laboratorios para la misma muestra de concreto no deberán diferir en más de 13% aproximadamente del promedio de los dos resultados de las pruebas.
- ✓ Si uno o dos de los conjuntos de cilindros se truenan a una resistencia menor a f'_c , evalúe si los cilindros presentan problemas obvios y retenga los cilindros sometidos a ensayo para examinarlos posteriormente. A menudo, la causa de una prueba malograda puede verse fácilmente en el cilindro, bien inmediatamente o mediante examen petrográfico. Si se desechan o botan estos cilindros se puede perder una oportunidad fácil de corregir el problema. En algunos casos se elaboran cilindros adicionales de reserva y se pueden probar si un cilindro de un conjunto se truena a una resistencia menor.
- ✓ Una prueba a los tres o siete días puede ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio, pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.
- ✓ La norma ASTM C1077 exige que los técnicos del laboratorio que participan en el ensayo del concreto deben estar certificados.
- ✓ Los informes o reportes sobre las pruebas de resistencia a la compresión son una fuente valiosa de información para el equipo del proyecto para el proyecto actual o para proyectos futuros.
- ✓ Los reportes se deben remitir lo más pronto posible al productor del concreto, al contratista y al representante del propietario.

TABLA N° 11. *Matriz de Operacionalización de las variables.*

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
RESISTENCIA DEL CONCRETO	La resistencia es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga de 210kg/cm2 a los 7, 14 y 28 días de curado	Kg/Cm2
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	NIVELES
APLICACIÓN DEL CERAMICO	Sustitución parcial del agregado pétreo por material cerámico reciclado	Sustitución de un porcentaje de agregado pétreo por el reciclado de cerámico en el diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Concreto patrón 25% 50%

Fuente: Elaboración Propia

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis; Si se sustituye el agregado pétreo en un 25% y 50% por el material cerámico reciclado en Huaraz - Ancash, la resistencia del concreto seria mayor que un concreto de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ convencional.

El objetivo general del presente estudio es determinar: la resistencia de un concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado de la ciudad de Huaraz. Y como objetivos específicos:

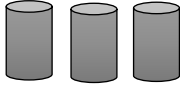
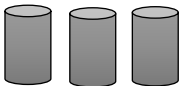
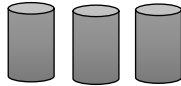
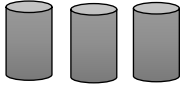
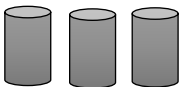
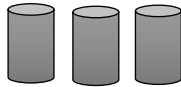

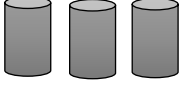
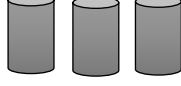
- ✓ Determinar la dosificación adecuada para el concreto con el material cerámico reciclado con características similares a las del concreto normal de 210 kg/cm^2 .
- ✓ Evaluar la resistencia a compresión del concreto sustituyendo en 25% y 50% por material cerámico reciclado a los 7, 14 y 28 días de curado y comparar sus resultados.
- ✓ Comparar los resultados de la resistencia con y sin material cerámico reciclado

METODOLOGIA:

El tipo de la presente investigación, según el proceso es aplicada, porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer la Resistencia de un concreto sustituido al 25% y 50% por material cerámico.

En coherencia con el fin de la ciencia es explicativa porque los datos de la investigación serán obtenidos por observación de los fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

TABLA N° 12. *Matriz de Operacionalización de las variables.*

DESCRIPCIÓN		CONCRETO PATRÓN	CERAMICO 25% DE REEMPLAZO DE PIEDRA CHANCADA	CERAMICO 50% DE REEMPLAZO DE PIEDRA CHANCADA
CURADO	7			
	14			
	28			

Fuente: Elaboración propia

La población Para la realización de la presente investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de todas las probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Para lo cual se tuvo como materiales a los agregados grueso y fino, cemento, cerámico entre otros.

Agregados:

Ubicación: Agregados gruesos se encuentran ubicados en:

Localidad : Tacllan

Distrito : Huaraz

Provincia : Huaraz.

Coordenadas : -9.547022, -77.535997

Altitud :3050 msnm



Figura N°12.- Chancadora Tacllan Huaraz - Áncash

Ubicación: Agregados fino se encuentran ubicados en:

Localidad : Anta

Distrito : Anta

Provincia : Carhuaz

Región : Ancash

Coordenadas : -9.353669, -77.592628

Altitud : 2424 msnm



Figura N°13.- Agregado fino cantera de “Anta”

Ubicación: Material Cerámico Reciclado:

Localidad : Pongor

Distrito : Independencia

Provincia : Huaraz.

Coordenadas : -9.50679, -77.54329

Altitud :3050 msnm



Figura N°14.- Material cerámico Relleno sanitario Distrito de independencia Huaraz

La muestra estuvo constituida por 27 probetas de concreto en su totalidad con un diseño de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. De los cuales 9 sin adición de material Cerámico reciclado, 9 con 25% de material Cerámico reciclado reemplazo de piedra chancada y 9 con 50% de material Cerámico reciclado reemplazo de piedra chancada.

TABLA N° 13. *Técnicas de Recolección de Información*

Técnica	Instrumento
	Guía de observación.
Observación	Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas realizadas.

Fuente: Elaboración: Propia

El instrumento utilizado fue una guía de observación para registrar las resistencias de las probetas patrón y experimentales y fichas de laboratorio para los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión. Los datos obtenidos del laboratorio respecto a las resistencias a la compresión del concreto han sido ingresados a una hoja de cálculo de Microsoft Excel donde se realizarán los cálculos matemáticos y en el Software estadístico SPSS versión 22.0 en español se realizó la prueba de hipótesis a través de la prueba estadística de la ANOVA.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en laboratorio de la universidad san pedro, se muestran a continuación.

ENSAYO DE LOS AGREGADOS

TABLA N° 14. Composición granulométrica del agregado fino (arena).

N°	TAMIZ ABERT. (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
					100.00
N° 4	4.760	90.50	4.25	4.25	95.75
N° 8	2.360	220.30	10.36	14.61	85.39
N° 16	1.180	328.10	15.42	30.04	69.96
N° 30	0.600	436.50	20.52	50.56	49.44
N° 50	0.300	515.60	24.24	74.80	25.20
N° 100	0.150	316.40	14.87	89.67	10.33
N° 200	0.075	107.70	5.06	94.73	5.27
FONDO		112.00	5.27	100.00	0.00
(TOTAL)		2127.100	100.00		

Fuente: Elaboración Propia.

Módulo de Finura (MF) = 2.70

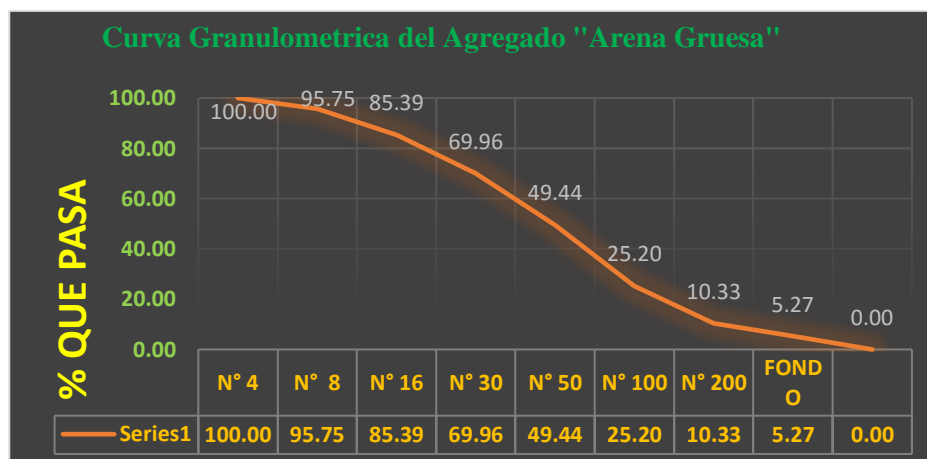


FIGURA N° 15: Curva granulométrica del agregado fino (arena)

Fuente: Elaboración Propia.

(Cumple con la norma N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C – 136)

Las curvas granulométricas se muestran en los anexos, el agregado según la granulometría si cumple con lo requerido. Por las normas presentando menos del 10% de material que pasa la malla N° 100; siendo permitiendo de 2 a 10% de material que pasa la malla N° 100; como lo indica la norma C – 136 del ASTM.

TABLA N° 15. Composición granulométrica del agregado grueso (piedra chancada)

TAMIZ N°	ABERT. (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.100	201.50	3.52	3.52	96.48
1/2"	12.700	2026.17	35.44	38.96	61.04
3/8"	9.525	1676.47	29.32	68.28	31.72
N° 4	4.760	1651.87	28.89	97.17	2.83
FONDO (TOTAL)	2.360	161.70	2.83	100.00	0.00
		5,717.71	100.00		

Fuente: Elaboración Propia.

Módulo de Fineza: 4.72



FIGURA N° 16: Curva granulométrica del agregado grueso (piedra chancada).

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante el análisis se puede observar que los datos arrojados, contenían pocos gruesos, lo cual se debe a la forma alargada de los mismos.

El tamaño máximo del conjunto de agregados, está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene más o igual que el 15% de toda la muestra a emplear.

Tamaño Maximo: 1" Tamaño Maximo Nominal: 3/4"

TABLA N° 16. *Contenido de humedad de los agregados.*

PIEDRA CHANCADA			
RECIPIENTE N°	N° 31	N° 37	
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	810.00	800.10	
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	804.30	794.10	
PESO DE RECIPIENTE	163.80	169.10	
PESO DE AGUA	5.70	6.00	
PESO SUELO SECO	640.50	625.00	
HUMEDAD (%)	0.89	0.96	
HUMEDAD PROMEDIO	0.92		
ARENA GRUESA			
RECIPIENTE N°	N° 34	N° 21	
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	909.80	898.70	
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	885.20	873.30	
PESO DE RECIPIENTE	161.70	167.70	
PESO DE AGUA	24.60	25.40	
PESO SUELO SECO	723.50	705.60	
HUMEDAD (%)	3.40	3.60	
HUMEDAD PROMEDIO	3.50		

Fuente: Elaboración Propia.

En esta Tabla, se observa que el contenido de humedad de la arena gruesa es mucho mayor que el contenido de humedad de la piedra chancada, en promedio el contenido de humedad de los agregados es 2.21

TABLA N° 17. *Peso unitario del agregado fino (arena gruesa).*

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	7670	7660	7655	8090	8085	8105
PESO DEL MOLDE	3425	3425	3425	3425	3425	3425
PESO DEL MATERIAL	4245	4235	4230	4665	4660	4680
VOLUMEN DEL MOLDE	2776	2776	2776	2776	2776	2776
PESO UNITARIO	1.529	1.526	1.524	1.680	1.679	1.686
PESO UNITARIO PROMEDIO	1526.177			1681.676		
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)	1,527.00			1,682.00		

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente tabla, se observa el peso unitario de la arena gruesa, su peso unitario varillado es menor que el peso unitario suelto.

TABLA N° 18. *Peso unitario del agregado grueso (piedra chancada).*

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	19130	19110	19125	20150	20145	20165
PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333	5333	5333	5333
PESO DEL MATERIAL	13797	13777	13792	14817	14812	14832
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341
PESO UNITARIO	1.477	1.475	1.477	1.586	1.586	1.588
PESO UNITARIO PROMEDIO	1476.145			1586.590		
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)	1,477.00			1,587.00		

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente tabla se observa el peso unitario de la Piedra Chancada, su peso unitario varillado tiene una variación mínima al peso unitario suelto, esto debido a que la piedra chancada es de forma trapezoidal.

TABLA N° 19. Gravedad específica y % de absorción del agregado

ARENA GRUESA				
IDENTIFICACION		N° 1	N° 4	PROMEDIO
A	PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICILMENTE SECA (EN AIRE)	300	300	
B	PESO FRASCO + H2O	678.6	683.2	
C	PESO FRASCO + H2O + (A)(A + B)	978.6	983.2	
D	PESO DEL MATERIAL + H2O EN EL FRASCO	865.7	870.5	
E	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	112.9	112.7	
F	PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	296.5	296.4	
G	VOLUMEN DE MASA = E - (A - F)	109.4	109.1	
	Pe BULK (BASE SECA) = F / E	2.626	2.630	
	Pe BULK (BASE SATURADA) = A / E	2.657	2.662	2.67
	Pe APARENTE (BASE SECA) = F / G	2.710	2.717	
	% DE ABSORCIÓN = ((A - F) / F) * 100	1.180	1.215	

Fuente: Elaboración Propia.

(El peso específico está dentro de los parámetros entre 2.4 a 2.8 según norma NTP 400.022 ASTM C – 128, y el porcentaje de absorción también está dentro de los parámetros ya que no debe exceder a 5% según norma NTP 400 .011 / A.S.T.M. C- 125)

TABLA N° 20. Gravedad específica y % de absorción del agregado grueso

P.E Y Absorción del Agregado Grueso				
IDENTIFICACION		N° 15	N° 19	N° 31
A	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	951.0	967.0	1089.0
B	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	593.8	603.8	680.3
C	VOLUMEN DE MASAS / VOLUMEN DE VACIOS = A - B	357.2	363.2	408.7
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	942.50	957.50	1078.00
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	348.7	353.70	397.70
	Pe BULK (BASE SECA) = D / C	2.639	2.636	2.638
	Pe BULK (BASE SATURADA) = A / C	2.662	2.662	2.665
	Pe APARENTE (BASE SECA) = D / E	2.703	2.707	2.711
	% DE ABSORCIÓN = ((A - D) / D) * 100	0.902	0.992	1.020
			0.97	

Fuente: Elaboración Propia.

(Está dentro de los parámetros según norma NTP 400.021 ASTM C-127, que no debe ser menor a 2.6).

TABLA N° 21. Composición granulométrica del cerámico reciclado

N°	TAMIZ ABERT. (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.100	4679.50	37.18	37.18	62.82
1/2"	12.700	4692.00	37.28	74.46	25.54
3/8"	9.525	1328.00	10.55	85.01	14.99
N° 4	4.760	1467.00	11.66	96.67	3.33
N° 8	2.360	419.50	3.33	100.00	0.00
FONDO	2.360	0.00	0.00	96.67	3.33
(TOTAL)		12,586.00	100.00		

Fuente: Elaboración Propia.

Módulo de Fineza: 4.90

Tamaño Maximo: 1" Tamaño Maximo Nominal: 3/4"

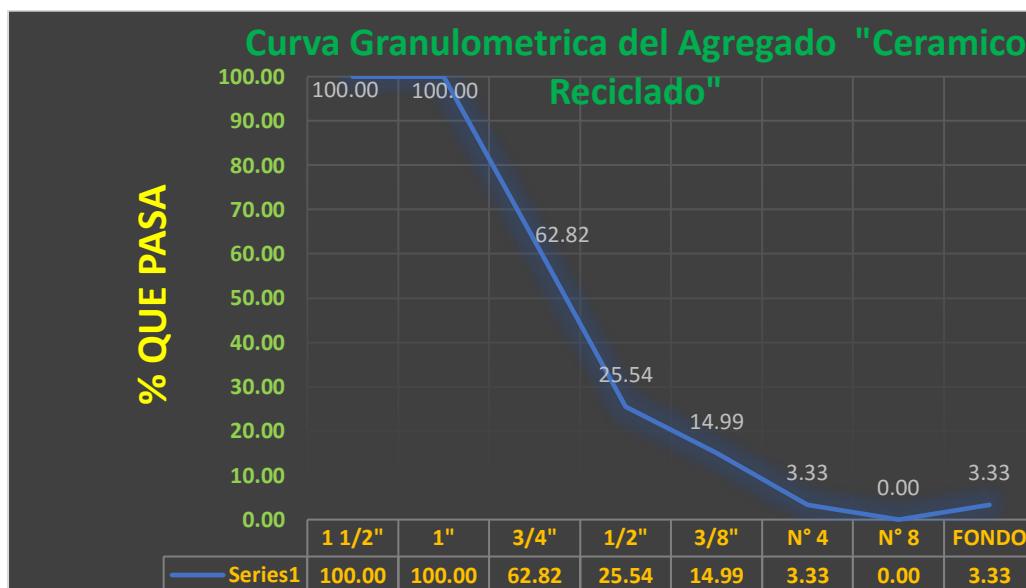


FIGURA N° 17: Curva granulométrica cerámico reciclado

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 22. *Contenido de humedad de cerámico reciclado*

CERAMICO RECICLADO		
RECIPIENTE N°	N° 47	N° 30
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	815.00	977.00
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	811.50	975.40
PESO DE RECIPIENTE	168.50	168.20
PESO DE AGUA	3.50	1.60
PESO SUELO SECO	643.00	807.20
HUMEDAD (%)	0.54	0.20
HUMEDAD PROMEDIO	0.37	

Fuente: Elaboración Propia.

En esta Tabla, se observa que el contenido de humedad del cerámico es menor a los agregados, en promedio el contenido de humedad de los agregados es 0.37

TABLA N° 23. *Peso unitario de cerámico reciclado*

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO			PESO UNITARIO		
	SUELTO			VARRILLADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	15730	15745	15738	16295	16280	16283
PESO DEL MOLDE	5310	5310	5310	5310	5310	5310
PESO DEL MATERIAL	10420	10435	10428	10985	10970	10973
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341
PESO UNITARIO	1.116	1.117	1.116	1.176	1.174	1.175
PESO UNITARIO PROMEDIO	1116.333			1175.035		
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)	1,117.00			1,176.00		

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente tabla se observa el peso unitario del material cerámico, su peso unitario varillado tiene una variación mínima al peso unitario suelto, esto debido a que el material cerámico es de forma trapezoidal.

TABLA N° 24. Gravedad específica y % de absorción de cerámico reciclado

CERAMICO RECICLADO				
A	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	855.5	851.5	918.0
B	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	460	461	494.5
C	VOLUMEN DE MASAS / VOLUMEN DE VACIOS = A - B	395.5	390.5	423.5
D	PESO MATERIAL SECO EN HORNO	798.0	795.0	852.0
		0	0	0
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	338	334.0	357.5
			0	0
	Pe BULK (BASE SECA) = D / C	2.02	2.04	2.01
	Pe BULK (BASE SATURADA) = A / C	2.16	2.18	2.17
	Pe APARENTE (BASE SECA) = D / E	2.36	2.38	2.38
	% DE ABSORCIÓN = ((A - D)/ D) * 100	7.21	7.11	7.75
			7.35	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla se puede verificar que material cerámico con porcentaje de absorción muy elevada lo cual no está dentro de los parámetros según norma NTP 400.021 ASTM C-127.

DISEÑO DE MEZCLA

TABLA N° 25. Dosificación de materiales para cada probeta

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.84	Kg	27	49.70
ARENA GRUESA	6.01	Kg	27	162.32
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg	27	152.58
AGUA DE MEZCLADO	1.74	Lit	27	46.96

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 26. *Cantidad de materiales para el concreto patrón (09 probetas)*

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES (UND)	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.84	Kg	9	16.57
ARENA GRUESA	6.01	Kg	9	54.11
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg	9	50.86
AGUA DE MEZCLADO	1.74	Lit	9	15.65

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 27. *Cantidad de materiales para el concreto experimental (25% de piedra por material cerámico reciclado)*

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES (UND)	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.84	Kg	9	16.57
ARENA GRUESA	6.01	Kg	9	54.11
PIEDRA CHANCADA	4.24	Kg	9	38.15
MATERIAL CERAMICO	1.41	Kg	9	12.72
AGUA DE MEZCLADO	1.74	Lit	9	15.65

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 28. Cantidad de materiales para el concreto experimental (50% de piedra por material cerámico reciclado)

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES (UND)	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.84	Kg	9	16.57
ARENA GRUESA	6.01	Kg	9	54.11
PIEDRA CHANCADA	2.83	Kg	9	25.43
MATERIAL CERAMICO	2.83	Kg	9	25.43
AGUA DE MEZCLADO	1.74	Lit	9	15.65

Fuente: Elaboración Propia.

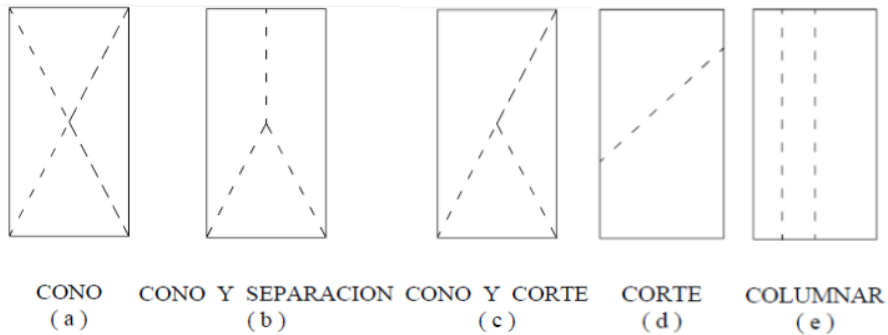


Figura N° 18: Tipos de falla

CONCRETO ENDURECIDO

RESISTENCIAS OBTENIDAS A LOS 7 DIAS DE CURADO

TABLA N° 29 *Concreto patrón*

Nº	PROBETA	MARCA	DISEÑO	FECHA		CARGA	CARGA	F´c	TIPO DE
	DESCRIPCIÓN		(Kg/cm2)	MOLDEO	ROTURA	(Lb.)	(Kg.)	(Kg/cm2)	FRACTURA
1	CONCRETO PATRÓN	I	210			50160	22752.17	124.73	e
2		II	210	01/03/2017	07/03/2017	58240	26417.20	144.82	c
3		III	210			55430	25142.60	137.83	e
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F´c =								135.79	

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 30 *Cerámico 25% de reemplazo de piedra chancada*

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
1	CERAMICO 25% DE	IV	210			50550	22929.08	125.70	a
2	REEMPLAZO DE	V	210	01/03/2017	07/03/2017	49260	22343.94	122.49	a
3	PIEDRA CHANCADA	VI	210			51220	23232.98	127.36	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								125.18	

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 31. *Cerámico 50% de reemplazo de piedra chancada*

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO	FECHA		CARGA	CARGA	F'c	TIPO DE
	DESCRIPCIÓN		(Kgf/cm2)	MOLDEO	ROTURA	(Lb.)	(Kgf.)	(Kgf/Cm2)	FRACTURA
1	CERAMICO 50% DE	VII	210			45429	20606.23	112.96	b
2	REEMPLAZO DE	VIII	210	01/03/2017	07/03/2017	48890	22176.11	121.57	a
3	PIEDRA CHANCADA	IX	210			46410	21051.20	115.40	a
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								116.65	

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente tabla observamos las resistencias obtenidas por los especímenes del concreto, evaluados a los 07 días; los cuales tienen la resistencia a la compresión del concreto patrón esta sobre el 65%, 25% de sustitución de piedra chancada por cerámico 60% de resistencia y 50% de sustitución de piedra chancada por cerámico 56 % de resistencia proyectada, según estudios realizados la resistencia a la compresión del concreto a los 07 días debe estar en un 65% en promedio.

RESISTENCIAS OBTENIDAS A LOS 14 DIAS DE CURADO

TABLA N° 32. *Concreto patrón*

Nº	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm2)	FECHA MOLDEO		ROTURA	CARGA (Lb.)	CARGA (Kg.)	F'c (Kg/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
1	CONCRETO PATRÓN	I	210	01/03/2017	14/03/2017	75290	34150.94	187.22	e	
2		II	210			79840	36214.79	198.53	c	
3		III	210			76040	34491.14	189.08	e	
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =									191.61	

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 33. *Cerámico 25% de reemplazo de piedra chancada*

Nº	PROBETA	MARCA	DISEÑO	FECHA		CARGA	CARGA	F´c	TIPO DE
	DESCRIPCIÓN		(Kg/cm2)	MOLDEO	ROTURA	(Lb.)	(Kg.f.)	(Kg/cm2)	FRACTURA
1	CERAMICO 25% DE	IV	210	01/03/2017	14/03/2017	72980	33103.14	181.47	a
2	REEMPLAZO DE	V	210			78250	35493.57	194.58	a
3	PIEDRA CHANCADA	VI	210			71190	32291.21	177.02	a
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F´c =								184.36	

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 34. *Cerámico 50% de reemplazo de piedra chancada*

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm ²)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 50% DE	VII	210			75440	34218.98	187.59	a
2	REEMPLAZO DE	VIII	210	01/03/2017	14/03/2017	72580	32921.71	180.48	e
3	PIEDRA CHANCADA	IX	210			67100	30436.02	166.85	e
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								178.31	

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente tabla observamos las resistencias obtenidas por los especímenes del concreto, evaluados a los 14 días; los cuales tienen la resistencia a la compresión del concreto patrón esta sobre el 91%, 25% de sustitución de piedra chancada por cerámico 88% de resistencia y 50% de sustitución de piedra chancada por cerámico 85 % de resistencia proyectada, según estudios realizados la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días debe estar en un 90% en promedio.

RESISTENCIAS OBTENIDAS A LOS 28 DIAS DE CURADO

TABLA N° 35. *Concreto patrón*

Nº	PROBETA	MARCA	DISEÑO	FECHA		CARGA	CARGA	F´c	TIPO DE
	DESCRIPCIÓN		(Kg/cm2)	MOLDEO	ROTURA	(Lb.)	(Kg.)	(Kg/Cm2)	FRACTURA
1	CONCRETO PATRÓN	I	210			85120	38609.75	211.66	e
2		II	210	01/03/2017	28/03/2017	83100	37693.50	206.64	a
3		III	210			88010	39920.63	218.85	a
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F´c =								212.38	

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 36. *Cerámico 25% de reemplazo de piedra chancada*

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 25% DE	IV	210			75610	34296.09	188.01	a
2	REEMPLAZO DE	V	210	01/03/2017	28/03/2017	77900	35334.82	193.71	a
3	PIEDRA CHANCADA	VI	210			74990	34014.86	186.47	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								189.40	

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 37. *Cerámico 50% de reemplazo de piedra chancada*

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 50% DE	VII	210			72480	32876.35	180.23	b
2	REEMPLAZO DE	VIII	210	01/03/2017	28/03/2017	73720	33438.80	183.31	b
3	PIEDRA CHANCADA	IX	210			74100	33611.17	184.26	c
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								182.60	

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente tabla observamos las resistencias obtenidas por los especímenes del concreto, evaluados a los 28 días; los cuales tienen la resistencia a la compresión del concreto patrón esta sobre el 101%, 25% de sustitución de piedra chancada por cerámico 90% de resistencia y 50% de sustitución de piedra chancada por cerámico 87 % de resistencia proyectada, según estudios realizados la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días debe estar en un 100% en promedio.

TABLA N° 38. Resistencias promedio obtenidas de los especímenes de concreto patrón y experimental $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del 25% y 50% del agregado pétreo por material cerámico

CONCRETO RESISTENCIA PROMEDIO OBTENIDAS			
EDAD EN DIAS	PATRON	SUTITUCION DE 25%	SUTITUCION DE 50%
		CERAMICO POR PIEDRA CHANCADA	CERAMICO POR PIEDRA CHANCADA
7	135.79	125.18	116.65
14	191.61	184.36	178.31
28	212.38	189.40	182.60

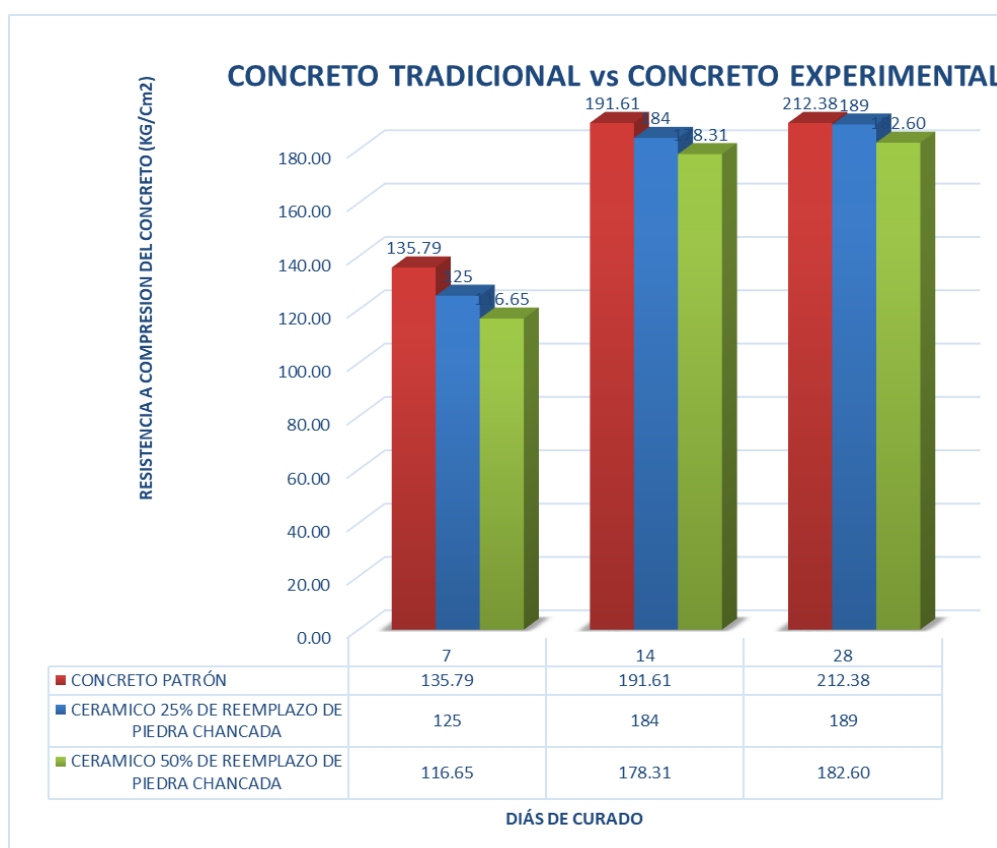
Fuente: Elaboración Propia.

El espécimen del concreto patrón en promedio a los 07 días tiene una resistencia a la compresión de 135.79 Kg/cm^2 , a los 14 días tiene una resistencia promedio de 191.61 Kg/cm^2 y a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 212.38 Kg/cm^2 .

El espécimen experimental con la sustitución de la piedra chancada en 25% por el cerámico reciclado; a los 07 días tiene una resistencia promedio a la compresión de 125.48 Kg/cm^2 , a los 14 días tiene una resistencia promedio de 184.36 Kg/cm^2 y a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 189.40 Kg/cm^2 .

El espécimen experimental con la sustitución de la piedra chancada en 50% por el cerámico reciclado; a los 07 días tiene una resistencia promedio a la compresión de 116.65 Kg/cm^2 , a los 14 días tiene una resistencia promedio de 178.31 Kg/cm^2 y a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 182.60 Kg/cm^2 .

Las resistencias de los concretos experimentales en comparación al concreto patrón las resistencias son menores, esto se debe a la adherencia física entre el material cerámico y el concreto.



Fuente: Elaboración Propia.

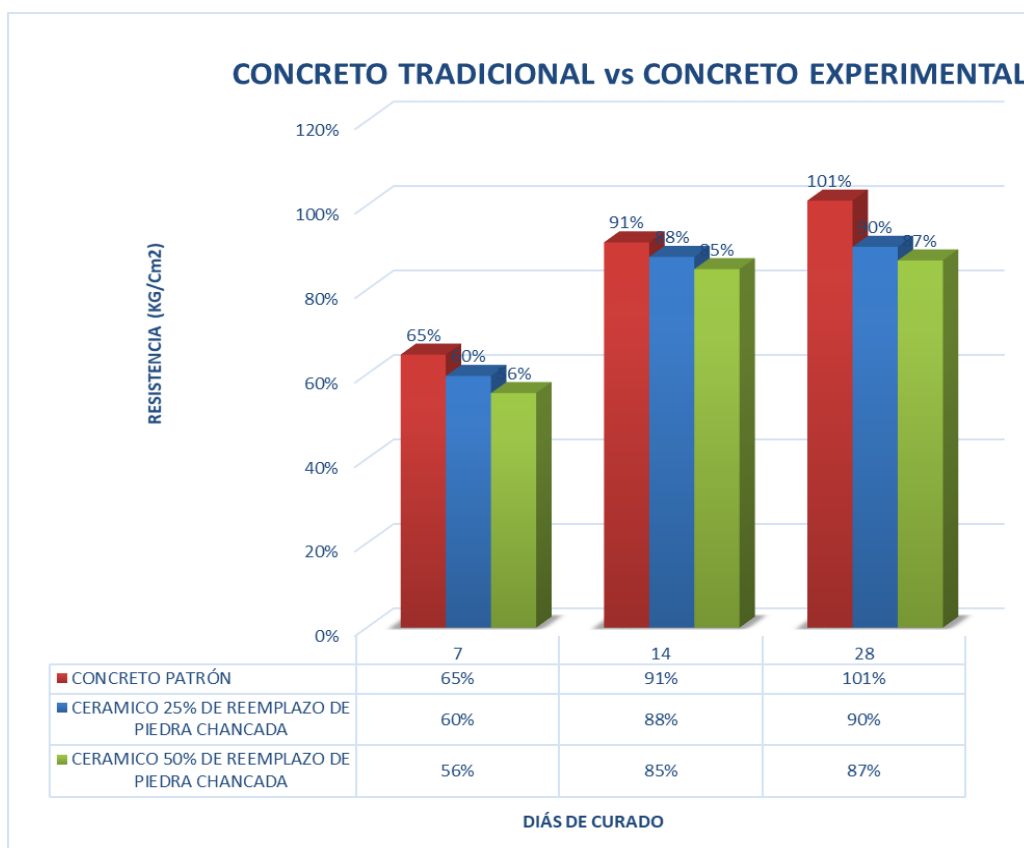
FIGURA N° 19: Evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales

En la presente figura, se observan las resistencias obtenidas por el concreto patrón y experimentales a los 07, 14 y 28 días. El concreto experimental 01 corresponde a la sustitución del agregado pétreo en 25% por material cerámico y el concreto experimental 02 corresponde a la sustitución del agregado pétreo en 50% por material cerámico.

Los tres primeros datos corresponden a las resistencias a los 07 días, las tres siguientes a las resistencias a los 14 días y las tres últimas a las resistencias a los 28 días.

En todos los casos el concreto patrón obtiene mayores resistencias que los concretos experimentales, ya que el cerámico tiene un peso específico bajo (1.8)

y la piedra chancada (2.67), a la vez el cerámico tiene una densidad 3.21g/cm³ y la piedra 2.5 kg/dm³



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 20: Evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales expresado en porcentajes, respecto a la resistencia de diseño.

En la presente figura, se observan las resistencias obtenidas por el concreto patrón y experimentales a los 07, 14 y 28 días. El concreto experimental 01 corresponde a la sustitución del agregado pétreo en 25% por material cerámico y el concreto experimental 02 corresponde a la sustitución del agregado pétreo en 50% por material cerámico.

En todos los casos las resistencias a la compresión a los 28 días son óptimas, ya que supera la resistencia requerida: el concreto patrón tiene una resistencia de promedio de 101.00% con respecto a la resistencia proyectada, mientras que el

concreto experimental 01, que es el concreto con la sustitución del agregado pétreo en 25% por material cerámico resistencia promedio de 90.00% con respecto a la resistencia proyectada y el concreto experimental 02, sustitución del agregado pétreo en 50% por material cerámico tiene una resistencia promedio de 87.00% con respecto a la resistencia proyectada.

TABLA N° 39. *Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del concreto patrón y experimentales $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
				216.		
Filas	11118.32	2.00	5559.16	12	0.000	6.94
				18.7		
Columnas	962.31	2.00	481.16	1	0.009	6.94
Error	102.89	4.00	25.72			
Total	12183.52	8.00				

Fuente: Elaboración Propia.

Al ser los valores de la Probabilidad menores que 0.05 y la F calculada $> F$ crítico, tal como se puede observar en la presente Tabla ($216.12 > 6.94$ y $18.71 > 6.94$), indican que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la sustitución del cemento en un 25 y 50% por material cerámico - Huaraz.

**VALOR CRÍTICO PARA LA PRUEBA DE PARES DE MEDIAS
POBLACIONALES PARA DETERMINAR LAS DIFERENCIAS EN LAS
RESISTENCIAS DE LOS CONCRETO PATRÓN Y EXPERIMENTAL $f'c=210$
KG/CM².**

$$DMS = \sqrt{\frac{2}{3}(25.72) \times 7.71} = 11.50 \quad DMS = \sqrt{\frac{2}{r}(CME)F_{0.95,1,4}}$$

El valor crítico es igual a 11.50, el cual tiene que ser comparado, con las comparaciones de los pares de medias.

TABLA N° 40. *Comparación de pares de medias*

Grupos / Medias		Patrón	Exp. 01	Exp. 02
		209.31	195.19	184.04
Patrón	209.31	-	14.12	25.27
Exp. 01	195.19		-	11.15
Exp. 02	184.04			-

Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar las comparaciones con el valor crítico y las comparaciones de los pares de las medias observamos que el concreto patrón y el concreto experimental 01 con la sustitución de la piedra chancada en 25% por material cerámico reciclado tienen diferencias significativas estadísticamente, así mismo al comparar el concreto patrón con el concreto experimental 02 con la sustitución de la piedra chancada en 50% por el material cerámico reciclado tiene diferencias significativas estadísticamente, finalmente no existen diferencias significativas entre los concretos experimentales con la sustitución del agregado grueso en 25% y 50% por cerámico reciclado.

ANALISIS Y DISCUSION

Según las tablas N° 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35 las resistencias a la compresión del concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del agregado pétreo en 25% y 50 % por el material cerámico reciclado -Huaraz – 2016, se obtiene que a los 28 días el concreto patrón en promedio tiene una resistencia de 212.38 kg/cm^2 ; el concreto experimental con la sustitución del agregado pétreo en 25 % por el material cerámico a los 28 días tiene una resistencia promedio de 189.00 kg/cm^2 ; mientras que el concreto experimental con la sustitución del agregado pétreo en 50 % por el material cerámico a los 28 días tiene una resistencia promedio de 182.60 kg/cm^2 . Estos resultados se deben al desprendimiento del agregado cerámico de la pasta debido a falta de adherencia (Diana M.), asimismo el peso específico de la cerámica que es 2.19 menor en comparación con el peso específico de la piedra chancada 2.67.

Las mezclas con los desechos de cerámico reciclado como agregado grueso absorben el agua, como consecuencia de este, el agua en la mezcla se disminuye por tal razón no es tan fluido y trabajable. La cual va secando o fraguando gradualmente con el transcurso del tiempo, de este modo se obtiene un nuevo concreto.

TABLA N° 41. *Asentamiento del Concreto*

DISEÑO DE CONCRET O DESCRIPC IÓN	CONCRETO PATRÓN		CERAMICO25% DE REEMPLAZO DE PIEDRA CHANCADA		CERAMICO 50% DE REEMPLAZO DE PIEDRA CHANCADA		CONSISTENCIA A(Cm.)	
	Asentam iento (Cm.)	Asentami ento (Pulg.)	Asentami ento (Cm.)	Asentami ento (Pulg.)	Asenta miento (Cm.)	Asentami ento (Pulg.)		
EDAD	7	4.0	1.57	5.0	1.97	5.0	1.97	2.0
	14	4.0	1.57	4.5	1.77	6.0	2.36	4.0
	28	4.0	1.57	5.0	1.97	5.5	2.17	8.0

Fuente: Elaboración Propia.

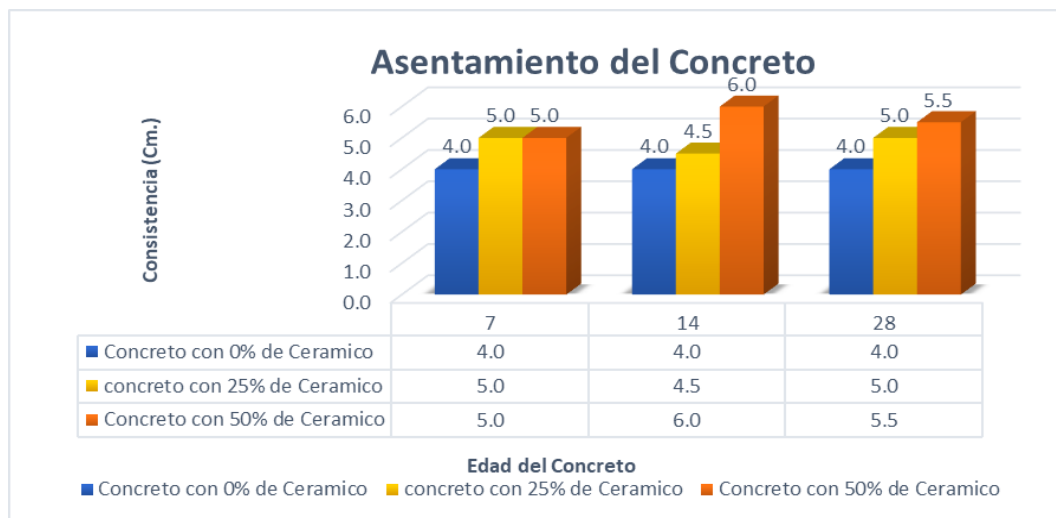


FIGURA N° 21: *Asentamiento del concreto*

En la resistencia a la compresión del concreto siempre se encontrará variaciones debido a las diversas causas que existen para que se produzcan dichas variaciones. Los resultados informes de ensayo no son necesariamente resultados de ensayo precisos. Motivos por los cuales se aceptan las variaciones en los resultados debe emplearse métodos estadísticos apropiados. Para hacer el estudio empleando métodos estadísticos se tendrán que hacer un gran número de ensayo, lo que en el presente trabajo no se hizo, razón por la cual solo se determinaron algunos parámetros estadísticos de los resultados obtenidos, la Resistencia promedio y rango.

La proporción de cemento para el diseño se agregó la misma cantidad en (Kg), para los tres diseños del concreto. En el grafico se observa menos resistencia del concreto, cuando hay mayor reemplazo de piedra chancada por el cerámico.

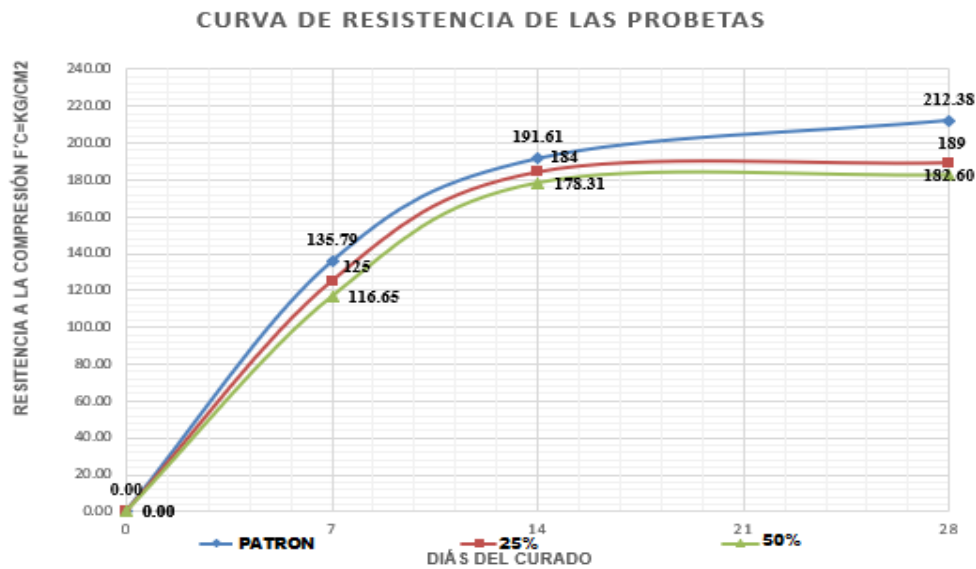


FIGURA N° 22: Variación de la resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2) para los 3 diseños de concreto.

Las resistencias bajas obtenidas en los especímenes de los concretos experimentales con la sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por el material cerámico, se debe al desprendimiento del material cerámico, porque el material cerámico tiene la cara interna rugosa y la cara externa lisa esto afecta al concreto elaborado con material cerámico a no tener buena adherencia.

Las resistencias bajas obtenidas en los concretos experimentales se deben a la absorción de agua del material cerámico, lo cual absorbe mayor cantidad de agua que la piedra chancada, en los ensayos realizados tenemos el % absorción del material cerámico 7.35 y el % absorción de la piedra chancada 0.97 mucho mayor que la absorción de la piedra chancada.

La resistencia del concreto también influye en el peso específico de los agregados según la norma (N.T.P 400.021 / A.S.T.M C-127), el peso específico no será menor de 2.6, correspondientes a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc.). La norma ASTM C-127 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado grueso, en este proyecto de determino el peso específico de la piedra chancada que es de 2.67 está dentro de los parámetros de la norma, mientras que el material cerámico tiene un peso específico de 2.19, está por debajo de lo establecido lo cual influyen en la resistencia del concreto como se muestra en la figura N° 22.

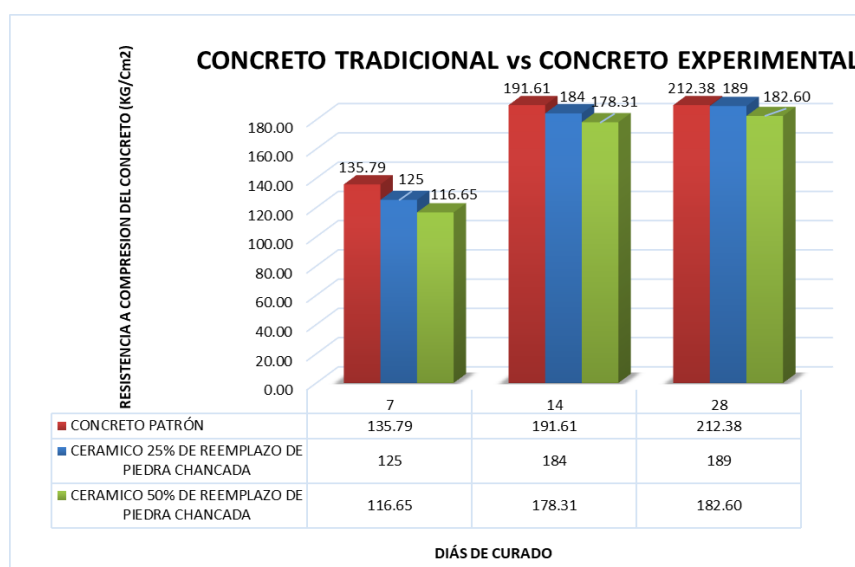


FIGURA N° 23: Variación de la resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2) para los 3 diseños de concreto.

La prueba estadística del análisis de la varianza, indica que existen diferencias significativas en las resistencias del concreto patrón frente a los concretos experimentales, mientras que entre los concretos experimentales no existe una diferencia significativa estadísticamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó la prueba a compresión de las briquetas de un diseño de f'_c 210 kg/cm² usando el cerámico reciclado en reemplazo de piedra chancada, para lo cual se realizó una dosificación similar a la del concreto patrón sin factor de seguridad por tratarse de un tema de investigación.
- ✓ Este trabajo de investigación reveló que el agregado cerámico no produce concretos de buena calidad, pues su comportamiento mecánico es muy deficiente porque no tiene buena adherencia el material cerámico con la pasta de cemento en comparación al de los concretos naturales.
- ✓ A los 28 días la resistencia a la compresión del concreto patrón es de 212.38 Kg/cm², el concreto con la sustitución del 25% de piedra chancada por material cerámico reciclado tiene una resistencia de 189.40 Kg/cm², mientras que el concreto con la sustitución del 50% de piedra chancada por material cerámico reciclado tiene una resistencia de 182.60Kg/cm². Concluyéndose que la resistencia varía por efectos de la adherencia.
- ✓ Las resistencias obtenidas a los 07, 14 y 28 días del concreto patrón y concretos experimentales se observa que el concreto patrón tiene mayores resistencias que los concretos experimentales esto se debe a los efectos de la adherencia del material cerámico y la relación de $a/c=0.68$, en el proyecto se consideró por motivos de investigación un solo relación de $a/c=0.68$, $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, para comparar los resultados entre el concreto patrón y el concreto experimental.
- ✓ Según la prueba estadística de análisis de la varianza, se observa que existen diferencias significativas en las resistencias del concreto patrón y experimentales con la sustitución de la piedra chancad en un 25% y 50% por material cerámico reciclado.

RECOMENDACIONES

- ✓ Para la elaboración de los concretos debe ser estrictamente controlado en cuanto a la participación de los agregados, cemento y el agua, ya que una variación de uno de los componentes pueden ser una variación de la resistencia requerida; por lo que la preparación, curado y la puesta en prueba se debe realizar siguiendo los estándares.
- ✓ Tomar en cuenta obligatoriamente, que para realizar un diseño de mezcla: el porcentaje de absorción y el contenido de humedad del material cerámico como agregado grueso, debido a que estos valores nos llevan a aumentar o disminuir los volúmenes de agua en la mezcla, para poder tener una buena dosificación.
- ✓ Se recomienda para otros investigadores hacer el diseño con menos porcentaje de cerámico reciclado (<25%), y tener en cuenta algunos aditivos para la adherencia.
- ✓ El uso de cerámico reciclado no es factible para el uso de la industria de la construcción, para concreto mayores $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Por lo tanto, se recomienda a los investigadores que sigan con la investigación con menores porcentajes de cerámico, para concretos de resistencias menores y para estructuras que no soporten peso o estructuras hidráulicas.
- ✓ Se recomienda el uso de agregado cerámico en los concretos no estructurales como los de relleno, (cimientto corrido, falso pisos, veredas), por ejemplo, tendría un efecto positivo en la disminución del impacto medio ambiental de la construcción y la disminución de los costos del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, C. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: San Marcos.
- ASTM C31. “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensayo de concreto en campo”
- ASTM C39. “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas”
- ASTM C250 “Especificaciones estándar del Cemento Portland”
- Bryan, D; Hugger, J; Horstam, M; Voss E. (2008, 8 de diciembre). *Nuevos Desarrollos en la Tecnología del Concreto, PHI- Planta de Hormigón Internacional*.
- Céspedes, M. (2003). *Resistencia a la Compresión del Concreto A partir de la Velocidad de Pulsos de Ultrasonido*, Tesis de Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Perú.
- Diana B. (2014). “*caracterización de hormigón resultante de utilizar el desecho de la industria cerámica de la ciudad de cuenca como agregado grueso*” tesis de grado de magister, universidad de cuenca.
- Eder A. (2014) “*uso de material cerámico como material para curado interno en mezclas de concreto*” tesis de ingeniería civil, Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito de Bogotá, Colombia.
- Gonzales, M., (1962), "*Tecnología Del Concreto Diseño De Mezclas*"
- Osorio, J. (2013,26 de junio). “*Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión*”.

Oscar C, Néstor O. y Luis T. (2010) Fuente alternativa de agregados finos para el hormigón tesis de ingeniería civil universidad nacional de buenos aires, Argentina.

Harmsen, E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto*. Lima, Perú: Fondo editorial de la pontificia Universidad Católica.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS ser maravilloso por haberme dado salud y vida para poder conseguir esta meta y sobre todo gracias por tener conmigo a mis padres para darles esta inmensa alegría de que gracias a ellos soy quien soy y estoy donde estoy.

A mi esposa Ana, a mis hijas Esmeralda y Gissell a mis hermanas, quienes estuvieron conmigo en momentos claves de mi vida estudiantil y personal por su apoyo incondicional durante todo el tiempo.

Al Ing. Rubén López Carranza por su asesoramiento, para la culminación de la presente investigación.

APENDICES Y ANEXOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SOLICITA : Bach. Rodríguez Castro Reiner Adolfo
 TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material
 cerámico reciclado – Huaraz - 2016"
 CANTERA : "Chancadora Tacllán"
 MATERIAL : Agregado Gruesa
 FECHA : 24/11/2016
 PESO SECO INICIAL : 5,720.0 PESO SECO FINAL : 5,717.7

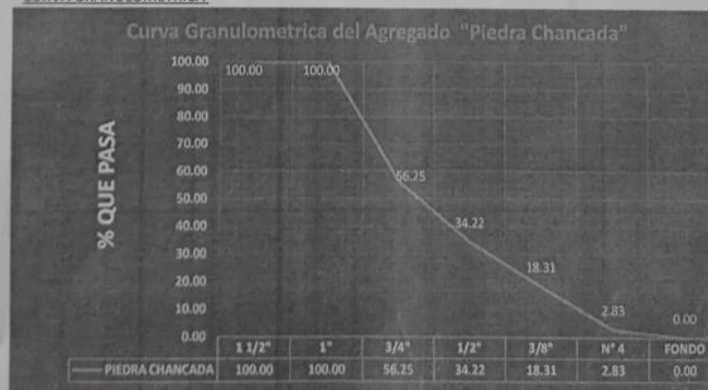
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
N°	ABERT. (mm)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO
3"	76.200	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.100	2501.50	43.75	56.25
1/2"	12.700	1259.50	22.03	34.22
3/8"	9.525	909.80	15.91	18.31
N° 4	4.760	885.20	15.48	2.83
FONDO	2.360	161.70	2.83	100.00
(TOTAL)		5,717.70	100.00	

5,717.7

2.88

Tamaño Máximo: 1" Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUANAZ
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y
 Ensayo de Materiales
 Ing. Jhonny S. Huamán Giraldo
 JEFE
 CIP: 85577

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
 CIUDAD UNIVERSITARIA: Los Pinos B s/n Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf. 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
 OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esp. Amador y Espinoza - Telf.: (043) 345699 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SOLICITA : Bach. Rodríguez Castro Reiner Adolfo
TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado - Huaraz - 2016"
CANTERA : "Anta"
MATERIAL : Agregado Fino
FECHA : 24/11/2016
PESO SECO INICIAL : 2,227.20 PESO SECO FINAL : 2,127.10

TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°	ABERT. (mm)				
					100.00
N° 4	4.760	221.10	10.39	10.39	89.61
N° 8	2.360	220.30	10.36	20.75	79.25
N° 16	1.180	262.80	12.35	33.11	66.89
N° 30	0.600	371.20	17.45	50.56	49.44
N° 50	0.300	515.60	24.24	74.80	25.20
N° 100	0.150	316.40	14.87	89.67	10.33
N° 200	0.075	107.70	5.06	94.73	5.27
FONDO		112.00	5.27	100.00	0.00
(TOTAL)		2127.100	100.00		

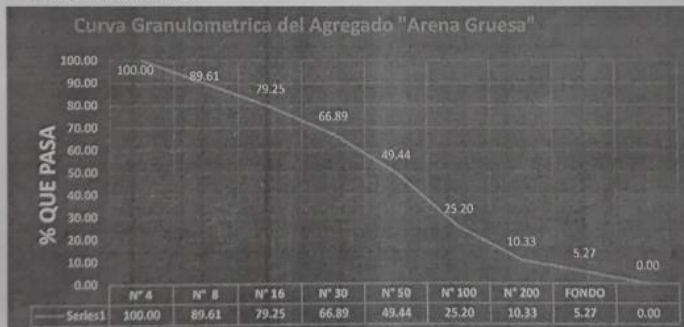
2,127.10

Modulo de Finura (MF):

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$
$$\% \text{ RETENIDO ACUMULADO} = 279.28$$

$$MF = 2.793 \gggggggg 2.80$$

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y
Ensayo de Materiales
Ing. Jhonny S. Huaman Giraldo
JEFE
CIP: 85577

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: Los Pinos 8 s/n Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf. 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CONTENIDO DE HUMEDAD

SOLICITA : Bach. Rodriguez Castro Reiner Adolfo
TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado – Huaraz - 2016"
CANtera : "Chancadora Taclán"
MATERIAL : Agregado Gruesa y Fina
FECHA : 24/11/2016

PIEDRA CHANCADA		
RECIPIENTE N°	N° 31	N° 37
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	810.00	800.10
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	804.30	794.10
PESO DE RECIPIENTE	163.80	169.10
PESO DE AGUA	5.70	6.00
PESO SUELO SECO	640.50	625.00
HUMEDAD (%)	0.89	0.96
HUMEDAD PROMEDIO	0.92	

ARENA GRUESA		
RECIPIENTE N°	N° 34	N° 21
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	909.80	898.70
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	885.20	873.30
PESO DE RECIPIENTE	161.70	167.70
PESO DE AGUA	24.60	25.40
PESO SUELO SECO	723.50	705.60
HUMEDAD (%)	3.40	3.60
HUMEDAD PROMEDIO	3.50	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ

FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y

Ensayo de Materiales

Ing. Jhonny S. Huamán Giraldo
JEFE
CIP-85577

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: Los Pinos B s/n Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf. 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO UNITARIO

SOLICITA : Bach. Rodriguez Castro Reiner Adolfo
TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado - Huaraz - 2016"
CANTERA : "Chancadora Tacllán"
MATERIAL : Agregado Gruesa y Fina
FECHA : 24/11/2016

PARA "PIEDRA CHANCADA"

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	19130	19110	19125	20150	20145	20165
PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333	5333	5333	5333
PESO DEL MATERIAL	13797	13777	13792	14817	14812	14832
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341
PESO UNITARIO	1.477	1.475	1.477	1.586	1.586	1.588
PESO UNITARIO PROMEDIO	1476.145			1586.590		
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)	1,477.00			1,587.00		

PARA "ARENA GRUESA"

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	7670	7660	7655	8090	8085	8105
PESO DEL MOLDE	3425	3425	3425	3425	3425	3425
PESO DEL MATERIAL	4245	4235	4230	4665	4660	4680
VOLUMEN DEL MOLDE	2776	2776	2776	2776	2776	2776
PESO UNITARIO	1.529	1.526	1.524	1.680	1.679	1.686
PESO UNITARIO PROMEDIO	1526.177			1681.676		
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)	1,527.00			1,682.00		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Materiales de Construcción

Ing. Jhonny S. Guadman Giraldo
JEFE
CIP: 85577

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: Los Pinos B s/n Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf. 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

SOLICITA : Bach. Rodríguez Castro Reiner Adolfo
TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado – Huaraz - 2016"
CANTERA : "Chancadora Tacllán"
MATERIAL : Agregado Gruesa y Fina
FECHA : 24/11/2016

PIEDRA CHANCADA				
IDENTIFICACION		N° 15	N° 19	N° 31
A	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	951.0	967.0	1089.0
B	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	593.8	603.8	680.3
C	VOLUMEN DE MASAS / VOLUMEN DE VACIOS = A - B	357.2	363.2	408.7
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	942.50	957.50	1078.00
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	348.7	353.70	397.70
Pe BULK (BASE SECA) = D / C		2.639	2.636	2.638
Pe BULK (BASE SATURADA) = A / C		2.662	2.662	2.665
Pe APARENTE (BASE SECA) = D / E		2.703	2.707	2.711
% DE ABSORCIÓN = ((A - D) / D) * 100		0.902	0.992	1.020
		0.97	0.97	

ARENA GRUESA				
IDENTIFICACION		N° 1	N° 4	PROMEDIO
A	PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	300	300	
B	PESO FRASCO + H2O	678.6	683.2	
C	PESO FRASCO + H2O + (A)(A + B)	978.6	983.2	
D	PESO DEL MATERIAL + H2O EN EL FRASCO	865.7	870.5	
E	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	112.9	112.7	
F	PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	296.5	296.4	
G	VOLUMEN DE MASA = E - (A - F)	109.4	109.1	
Pe BULK (BASE SECA) = F / E		2.626	2.630	
Pe BULK (BASE SATURADA) = A / E		2.657	2.662	
Pe APARENTE (BASE SECA) = F / G		2.710	2.717	
% DE ABSORCION = ((A - F) / F) * 100		1.180	1.215	2.67



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
Ing. Jhonny Giraldo
JEFE
CIP. 85577

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: Los Pinos B s/n Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf. 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf. 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

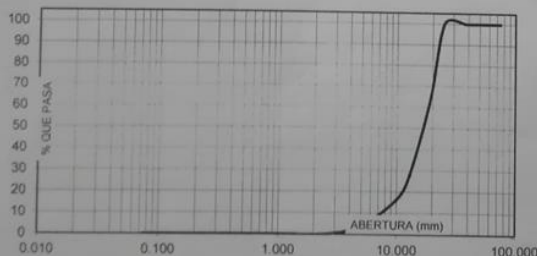
SOLICITA : Bach. Rodriguez Castro, Reiner Adolfo
TESIS : "Resistencia de un Concreto con Sustitucion del Agregado Petreo en 25% y 50%
por Material Ceramico Reciclado - Huaraz -2016"
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 15/03/2017 CANTERA : RECICLADO MATERIAL : CERAMICO

PESO SECO INICIAL	12586
PESO SECO LAVADO	12586.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ		PESO RETEN	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO	
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	4679.50	37.18	37.18	62.82
1/2"	12.500	4692.00	37.28	74.46	25.54
3/8"	9.500	1328.00	10.55	85.01	14.99
N° 4	4.750	1467.00	11.66	96.67	3.33
N° 8	2.360	419.50	3.33	100.00	0.00
N° 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		12586.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"
MODULO DE FINEZA : 7.19
HUMEDAD : 0.37%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos 8 s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS	: "Resistencia de un Concreto con Sustitucion del Agregado Petroo en 25% y 50% por Material Ceramico Reciclado - Huaraz -2016"		
SOLICITA	: Bach. Rodriguez Castro, Reiner Adolfo		
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN	: USP -HUARAZ
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA	: 15/03/2017
PROG. (KM.)	:	ASESOR	:
DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	:		
MUESTRA	: CERAMICO RECICLADO		
PROF. (m)	:		
CERAMICO RECICLADO			
N° TARRO		47	30
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	815.0	977.0
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	811.5	975.4
PESO DE AGUA	(g)	3.50	1.60
PESO DEL TARRO	(g)	168.50	168.2
PESO DEL SUELO SECO	(g)	643.00	807.2
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.54	0.2
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0.37	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
UNION DE MAQUILLAS
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116644
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327886
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Rodriguez Castro, Reiner Adolfo

TESIS : "Resistencia de un Concreto con Sustitucion del Agregado Petreo en 25% y 50% por Material Ceramico Reciclado - Huaraz -2016"

LUGAR : HUARAZ

CANTERA : RECICLADO

MATERIAL : CERAMICO

FECHA : 15/03/2017

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	15730	15745	15738
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	10420	10435	10428
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1116	1117	1116
Peso unitario prom.	1116 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	16295	16280	16283
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	10985	10970	10973
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1176	1174	1175
Peso unitario prom.	1175 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
AGREGADOS MINERALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : Bach. Rodriguez Castro, Reiner Adolfo
OBRA : "Resistencia de un Concreto con Sustitucion del Agregado Petreo en 25% y 50%
por Material Ceramico Reciclado - Huaraz -2016"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : RECICLADO
MATERIAL : CERAMICO
FECHA : 15/03/2017

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)
C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios
D : Peso de material seco en el horno
E = C - (A - D) : Volumen de masa

ABSORCION (%) : $((A-D)/D) \times 100$
ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

855.5	851.5	918.0
460.0	461.0	494.5
395.5	390.5	423.5
798.0	795.0	852.0
338.0	334.0	357.5
7.21	7.11	7.75
7.35		

PROMEDIO

2.02	2.04	2.01
2.16	2.18	2.17
2.36	2.38	2.38

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
P.e. Bulk (Base Saturada)
P.e. Aparente (Base Seca)

2.03
2.17
2.37



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
CIMENTACIONES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

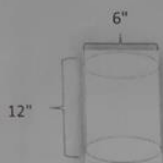


USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

DISEÑO DE CONCRETO F'C = 210 Kg/cm²

TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado – Huaraz - 2016"
CANTERA : "Chancadora Tacllán" y "cantera Anta"
MATERIAL : Agregado Grueso
FECHA : 16/01/2017
SOLICITA : Bach. Rodríguez Castro Reiner Adolfo



	Medida	Und.	Medida	Unidad
D	6	Pulg.	15.24	cm
H	12	Pulg.	30.48	cm
π	3.141592654			Adimensional

1"	≡	2.54	cm
----	---	------	----

$$v = \pi * r^2 * h$$

Volumen	5559.9998	cm ³
Volumen	0.0061	m ³

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	301.00	Kg/m ³
ARENA GRUESA	983.00	Kg/m ³
PIEDRA CHANCADA	924.00	Kg/m ³
AGUA DE MEZCLADO	183.00	Lit/m ³

1°- MATERIALES A UTILIZAR PARA EL VOLUMEN DEL CILINDRO

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.84	Kg	27	49.70
ARENA GRUESA	6.01	Kg	27	162.32
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg	27	152.58
AGUA DE MEZCLADO	1.74	Lit	27	46.96



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 PRUENAS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf : 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos 8 s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Eco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
 OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Ego. Anáhuac y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

2°- MATERIALES A UTILIZAR CONCRETO PATRON

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES (UND)	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.84	Kg	9	16.57
ARENA GRUESA	6.01	Kg	9	54.11
PIEDRA CHANCADA	5.65	Kg	9	50.86
AGUA DE MEZCLADO	1.74	Lit	9	15.65

3°- MATERIALES A UTILIZAR CONCRETO CON SUSTITUCION DE 25% DE PIEDRA CHANCADA POR MATERIAL CERAMICO

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES (UND)	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.84	Kg	9	16.57
ARENA GRUESA	6.01	Kg	9	54.11
PIEDRA CHANCADA	4.24	Kg	9	38.15
MATERIAL CERAMICO	1.41	Kg	9	12.72
AGUA DE MEZCLADO	1.74	Lit	9	15.65

4°- MATERIALES A UTILIZAR CONCRETO CON SUSTITUCION DE 50% DE PIEDRA CHANCADA POR MATERIAL CERAMICO

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES (UND)	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.84	Kg	9	16.57
ARENA GRUESA	6.01	Kg	9	54.11
PIEDRA CHANCADA	2.83	Kg	9	25.43
MATERIAL CERAMICO	2.83	Kg	9	25.43
AGUA DE MEZCLADO	1.74	Lit	9	15.65



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
UNDADES MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

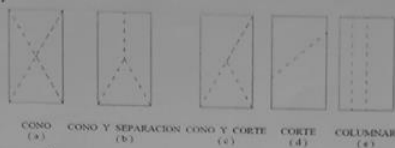


USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ ASTM C - 39

TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado - Huaraz - 2016"
CANTERA : "Chancadora Tacllán"
MATERIAL : Agregado Grueso
FECHA : 29/03/2017

A.- ANEXO (Tipo de Falla)



1.- RESISTENCIA DE COMPRESION PARA 7 DIAS DE CURADO

PROBETA		MARCA	DISEÑO (Kg/f/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kg.f.)	F'c (Kg/f/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
N°	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO PATRÓN	I	210	01/03/2017	07/03/2017	50160	22752.17	124.73	e
2		II	210			58240	26417.20	144.82	c
3		III	210			55430	25142.60	137.83	e
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								135.79	

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/cm2)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 25% DE	IV	210	01/03/2017	07/03/2017	50550	22929.08	125.70	a
2	REEMPLAZO DE	V	210			49260	22343.94	122.49	a
3	PIEDRA CHANCADA	VI	210			51220	23232.98	127.36	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								125.18	

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kg/f/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kg/f/cm2)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 50% DE	VII	210	01/03/2017	07/03/2017	45429	20606.23	112.96	b
2	REEMPLAZO DE	VIII	210			48890	22176.11	121.57	a
3	PIEDRA CHANCADA	IX	210			46410	21051.20	115.40	a
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								116.65	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ ASTM C - 39

TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado - Huaraz - 2016"

CANTERA : "Chancadora Taclán"

MATERIAL : Agregado Grueso

FECHA : 29/03/2017

2º- RESISTENCIA DE COMPRESIÓN PARA 14 DIAS DE CURADO

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kg/cm²)	FECHA		CARGA (lb.)	CARGA (Kg/.)	F'c (Kg/CM²)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN				MOLDEO				
1	CONCRETO PATRÓN	I	210	01/03/2017	14/03/2017	75290	34150.94	187.22	e
2		II	210			79840	36214.79	198.53	c
3		III	210			76040	34491.14	189.08	e
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								191.61	

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm2)	FECHA		CARGA (lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 25% DE	IV	210	01/03/2017	14/03/2017	72980	33103.14	181.47	a
2	REEMPLAZO DE	V	210			78250	35493.57	194.58	a
3	PIEDRA CHANCADA	VI	210			71190	32291.21	177.02	a
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								184.36	

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/f/cm2)	FECHA		CARGA (lb.)	CARGA (Kg.f.)	F'c (Kg/f/cm2)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 50% DE	VII	210	01/03/2017	14/03/2017	75440	34218.98	187.59	a
2	REEMPLAZO DE	VIII	210			72580	32921.71	180.48	e
3	PIEDRA CHANCADA	IX	210			67100	30436.02	166.85	e
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								178.31	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ASTM C - 39

TESIS : "Resistencia de concreto con sustitución del agregado pétreo en 25% y 50% por material cerámico reciclado - Huaraz - 2016"
CANTERA : "Chancadora Tacllán"
MATERIAL : Agregado Grueso
FECHA : 29/03/2017

4°- RESITENCIA DE COMPRESIÓN PARA 28 DIAS DE CURADO

PROBETA		MARCA	DISEÑO (Kg/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (kgf.)	F'c (Kg/f/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
N°	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO PATRÓN	I	210	01/03/2017	28/03/2017	85120	38609.75	211.66	e
2		II	210			83100	37693.50	206.64	a
3		III	210			88010	39920.63	218.85	a
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								212.38	

PROBETA		MARCA	DISEÑO (Kg/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kg.f)	F'c (Kg/f/cm2)	TIPO DE FRACTURA
N°	DESCRIPCION			MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 25% DE	IV	210	01/03/2017	28/03/2017	75610	34296.09	188.01	a
2	REEMPLAZO DE	V	210			77900	35334.82	193.71	a
3	PIEDRA CHANCADA	VI	210			74990	34014.86	186.47	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								189.40	

PROBETA		MARCA	DISEÑO (Kg/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kg.)	F c (Kg/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
N°	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1	CERAMICO 50% DE	VII	210	01/03/2017	28/03/2017	72480	32876.35	180.23	b
2	REEMPLAZO DE	VIII	210			73720	33438.80	183.31	b
3	PIEDRA CHANCADA	IX	210			74100	33611.17	184.26	c
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F c =								182.60	

CONCRETO RESISTENCIA PROMEDIO OBTENIDAS			
EDAD EN DIAS	PATRON	SUTITUCION DE 25% CERAMICO POR PIEDRA CHANCADA	SUTITUCION DE 50% CERAMICO POR PIEDRA CHANCADA
7	135.79	125.18	116.65
14	191.61	184.36	178.31
28	212.38	189.40	182.60



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FISCAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 110544
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro